פרק יא - המרת אנרגיה

כפי שראינו בפרק י׳, אנרגיה היא היכולת לבצע עבודה. הכרנו עד כה את המשמעות של האנרגיה החשמלית ובפרק זה נכיר את המשמעויות של האנרגיה המכנית ושל אנרגית החום.

חוק שימור האנרגיה, אשר נוסח על-ידי "הלמהולץ", קובע, כי אין אנרגיה נוצרת מאפס ואין אנרגיה הופכת לאפס, אלא לובשת צורה ופושטת צורה.

בשם "ה מ ר ת א נ ר ג י ה" אנו מכנים הפיכת צורה אחת של אנרגיה לצורה אחרת, ובפרק זה נתייחס בעיקר להמרת אנרגיה חשמלית לאנרגיה מכנית ולאנרגיה של חום.

אנרגיה, עבודה, והספק מכניים

כפי שראינו בפרק ו׳, "אנרגיה חשמלית" מתבטאת בכושר לבצע עבודה חשמלית, ועבודה חשמלית מתבצעת, כאשר מתח חשמלי מזרים זרם חשמלי לאורכו של תייל מוליך.

"א נ ר ג י ה מ כ נ י ת" מתבטאת בכושר לבצע עבודה מכנית, ועבודה מכנית מתבצעת, כאשר כוח מניע גוף לאורך דרך מסוימת.

כאשר אנו מניעים גוף על-ידי דחיפה, משיכה או הרמה, אנו מבצעים עבודה, ולשם כך מושקעת אנרגיה.

ככל שהגוף כבד יותר, עלינו להפעיל כוח רב יותר כדי להניעו, והעבודה שנבצע תהיה רבה יותר. באופן דומה, ככל שהדרך, לאורכה יש להניע את הגוף, ארוכה יותר, או ככל שהגובה, אליו יש להרים את הגוף, רב יותר, תהיה העבודה שנבצע רבה יותר, ולשם כך נהיה זקוקים לאנרגיה רבה יותר.

אנו רואים שהעבודה המכנית (W) נמצאת ביחס ישר למשקלו של הגוף, או לכח (F) הדרוש כדי להניע אותו, ולדרך (s) אשר לאורכה יש להניע אותו.

$$\boxed{W = Fs}$$

W : העבודה (אנרגיה) ביחידות "ז'ול" [J]

F : הכוח הפועל ביחידות "ניוטון" [N]

s : מרחק התנועה במטרים [m]

דוגמא: כדי להעלות גוף לגובה 10 מטר, הופעל כוח בן 80 ניוטון.
חשב את שיעור העבודה שבוצעה.

$$W = Fs = 80 \times 10 = 800J$$

שיטת היחידות, בה אנו משתמשים, קרויה שיטת מק"ש והיא המקובלת ביותר כיום.
בשיטת יחידות אחרת, הקרויה "השיטה הטכנית", מודדים את הכוח ביחידות ק"ג [kg] ואת העבודה המתבצעת ביחידות קג"מ (קילוגרם-מטר) [kgm].

$$\boxed{W = Fs}$$

W : העבודה ביחידות קג"מ [kgm]

F : הכח ביחידות ק"ג [kg]

s : המרחק במטרים [m]

דוגמא: כוח בשיעור 200 ק"ג מסיע גוף לאורך דרך בת 30 מטר.
חשב את שיעור העבודה המבוצעת.

$$W = Fs = 200 \times 30 = 6000 \text{ kgm}$$

הקשר בין היחידות הוא:

$$1N = \frac{1}{9.81} \text{ kg} \quad \text{או} \quad 1 \text{ kg} = 9.81 \text{ N}$$

$$1J = \frac{1}{9.81} \text{ kgm} \quad \text{או} \quad 1 \text{ kgm} = 9.81 \text{ J}$$

דוגמא: מעלית מעלה גוף שמשקלו 500 ק"ג לגובה 12 מטר.
חשב את שיעור העבודה שבוצעה ביחידות קג"מ ו-ז'ול.

כדי להרים גוף שמשקלו 500 ק"ג, מופעל כוח בן 500 ק"ג, לכן:

$$W = Fs = 500 \times 12 = 6000\ kgm$$

$$W\ [J] = W\ [kgm] \times 9.81 = 6000 \times 9.81 = 58860J$$

בפרק ו' ראינו, שההספק מבטא את האנרגיה המושקעת ביחידת זמן או את העבודה המבוצעת ביחידת זמן. אי לכך נוכל לרשום:

$$\boxed{P = \frac{W}{t}}$$

בשיטת מק"ש		בשיטה הטכנית	
P : ההספק ביחידות "וט" [W]		P : ההספק ביחידות קג"מ-בשניה	$\left[\frac{kgm}{sec}\right]$
W : שיעור העבודה ביחידות "ז'ול" [J]		W : שיעור העבודה ביחידות קג"מ	[kgm]
t : הזמן בשניות [sec]		t : הזמן בשניות [sec]	

דוגמא: עבודה, בשיעור 6000 ז'ול, בוצעה תוך פרק זמן של 20 שניות.
חשב את ההספק שהושקע.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{6000}{20} = 300W$$

דוגמא: מכונה שהספקה 1000 וט, פועלת ברציפות במשך 3 דקות.
חשב את שיעור העבודה המבוצעת.

$$W = Pt = 1000 \times 3 \times 60 = 180000J$$

דוגמא: מה הספקה של מכונה, המבצעת עבודה בשיעור 30 000 קג"מ בפרק זמן של דקה אחת?

$$P = \frac{W}{t} = \frac{30000}{1 \times 60} = 500\ \frac{kgm}{sec}$$

דוגמא: מהו שיעור העבודה, המתבצעת על-ידי מכונה, שהספקה 200 קג"מ-בשניה, אם היא פועלת ברציפות במשך 30 שניות?

$$W = Pt = 200 \times 30 = 6000\text{kgm}$$

אם נציב בנוסחא $P = W/t$ את הנוסחא $W=Fs$ נקבל:

$$\boxed{P = \frac{Fs}{t}}$$

בשיטת מק"ש

P : ההספק ביחידות "וט" [W]

F : הכוח ביחידות "ניוטון" [N]

s : המרחק במטרים [m]

t : הזמן בשניות [sec]

בשיטה הטכנית

P : ההספק ביחידות קג"מ-בשניה [kgm/sec]

F : הכוח ביחידות ק"ג [kg]

s : המרחק במטרים [m]

t : הזמן בשניות [sec]

דוגמא: כוח בשיעור 200 ניוטון הסיע גוף לאורך דרך של 15 מטר בפרק זמן של 5 שניות. חשב את ההספק שהושקע.

$$P = \frac{Fs}{t} = \frac{200 \times 15}{5} = 600\ W$$

דוגמא: מכונה מפעילה כוח בשיעור 500 ק"ג כדי להעלות גוף לגובה 10 מטר, בפרק זמן של 20 שניות. חשב את הספק המכונה.

$$P = \frac{Fs}{t} = \frac{500 \times 10}{20} = 250\ \frac{\text{kgm}}{\text{sec}}$$

ראינו, אם כן, שהיחידה הטכנית למדידת ההספק היא קג"מ-בשנייה, והיחידה למדידת ההספק, בשיטת מק"ש, היא "וט".

הקשר בין שתי היחידות הוא:

$$1\ \frac{\text{kgm}}{\text{sec}} = 9.81\text{W} \qquad 1\text{W} = \frac{1}{9.81}\ \frac{\text{kgm}}{\text{sec}}$$

דוגמא: מנוף מעלה משא בן 5 טון, לגובה 12 מטר, בפרק זמן של 20 שניות.
חשב את ההספק המכני, המושקע לביצוע עבודה זו.

$$P = \frac{Fs}{t} = \frac{5000 \times 12}{20} = 3000 \ \frac{kgm}{sec}$$

$$P[W] = P\left[\frac{kgm}{sec}\right] \times 9.81 = 3000 \times 9.81 = 29430 \ W$$

בפרק ו׳ הכרנו יחידת הספק גדולה יותר: $1kW = 1000W$

נכיר עתה יחידת הספק שימושית נוספת הקרויה "כ ו ח - ס ו ס" וסימונה (כ"ס) או [HP].

הקשר בין היחידות הוא:

$$1HP = 75 \ \frac{kgm}{sec} = 75 \times 9.81 = 736W$$

יחידה זו שימושית מאד לציון ההספק של מכונות חשמליות.

דוגמא: ההספק של מכונה הוא 11.04kW . בטא את ההספק ביחידות כ"ס וביחידות קג"מ-בשניה.

$$11.04kW = 11040W$$

$$P\ [HP] = \frac{P[W]}{736} = \frac{11040}{736} = 15\ HP$$

$$P\left[\frac{kgm}{sec}\right] = P[HP] \times 75 = 15 \times 75 = 1125 \ \frac{kgm}{sec}$$

נסכם עתה את הקשר בין יחידות הכח, העבודה וההספק בשתי השיטות שהכרנו:

המושג	יחידות מק"ש	יחידות טכניות	הקשר בין היחידות
כוח	ניוטון [N]	ק"ג-כוח [kg]	$1N = \frac{1}{9.81}\ kg$ או $1\ kg = 9.81\ N$
עבודה	ז׳ול [J]	קג"מ [kgm]	$1J = \frac{1}{9.81}\ kgm$ או $1\ kgm = 9.81\ J$
הספק	וט [W]	קג"מ-בשניה $\left[\frac{kgm}{sec}\right]$	$1W = \frac{1}{9.81}\ \frac{kgm}{sec}$ או $1\ \frac{kgm}{sec} = 9.81\ W$

הקשר בין יחידות המשנה המקובלות הוא:

$$1kW = 1000W$$

$$1HP = 75\ \frac{kgm}{sec} = 736W$$

דוגמא: לביצוע עבודה מסוימת הופעל כוח בשיעור 600 ק"ג, לאורך דרך של 24 מטר, בפרק זמן של 12 שניות. חשב:

א) את הכוח ביחידות ניוטון.

ב) את שיעור העבודה ביחידות קג"מ וביחידות ז'ול.

ג) את ההספק, שהושקע ביחידות קג"מ-בשניה, וט, קילווט וכ"ס.

א)

$$F[N] = F[kg] \times 9.81 = 600 \times 9.81 = 5886N$$

ב)

$$W[kgm] = F[kg] \times s[m] = 600 \times 24 = 14400kgm$$

$$W[J] = F[N] \times s[m] = 5886 \times 24 = 141264J$$

ג)

$$P\left[\frac{kgm}{sec}\right] = \frac{W[kgm]}{t[sec]} = \frac{14400}{12} = 1200\ \frac{kgm}{sec}$$

$$P[W] = P\left[\frac{kgm}{sec}\right] \times 9.81 = 1200 \times 9.81 = 11772W$$

או:

$$P[W] = \frac{W[J]}{t[sec]} = \frac{141262}{12} = 11772W$$

$$P[kW] = \frac{P[W]}{1000} = \frac{11772}{1000} = 11.772kW$$

$$P[HP] = \frac{P[W]}{736} = 16HP$$

או:

$$P[HP] = \frac{P[kgm/sec]}{75} = \frac{1200}{75} = 16HP$$

המרת אנרגיה חשמלית לאנרגיה מכנית

מנוע חשמלי, הניזון ממקור מתח, צורך אנרגיה חשמלית וממיר אותה לאנרגיה מכנית.

האנרגיה המכנית מתבטאת בסיבוב הציר שלו, העשוי לעבור עבודה מכנית. לשם דוגמא: במנוע חשמלי, המפעיל מעלית, מושקעת אנרגיה חשמלית ומופקת אנרגיה מכנית.

דוגמא: מה צריך להיות הספקו של מנוע חשמלי בכ"ס כדי להפעיל באמצעותו מעלית, שתוכל להעלות משא של 1500 ק"ג, לגובה 10 מטר, במשך 20 שניות?

$$P = \frac{Fs}{t} = \frac{1500 \times 10}{20} = 750 \frac{kgm}{sec}$$

$$P[HP] = \frac{P[kgm/sec]}{75} = \frac{750}{75} = 10HP$$

דוגמא: משאבה, המופעלת באמצעות מנוע חשמלי, מעלה 30 מטרים מעוקבים מים למגדל מים, שגבהו 12 מטר, בפרק זמן של שעה אחת.
מהו הספק המנוע בוטים.

$$F = 30000kg = 30000 \times 9.81 = 294300N$$

$$s = 12m \qquad t = 1h = 3600\ sec$$

$$P = \frac{Fs}{t} = \frac{294300 \times 12}{3600} = 981W$$

הפסדים, נצילות

כפי שראינו בפרק ב׳, אחת מתופעות הזרם החשמלי היא תופעת החימום. בכל מקרה של זרימת זרם, דרך מוליך, נוצר חום, וכתוצאה מכך נגרמים הפסדי אנרגיה.

בפרק ו׳ ראינו, כי ניתן לחשב את הפסדי ההספק באמצעות הנוסחא $P=I^2R$ כאשר (I) מציין את עוצמת הזרם הזורם דרך המוליך ו- (R) מציין את התנגדות המוליך. המסקנה הנובעת מכך היא שבכל מערכת חשמלית מצויים הפסדי הספק חשמליים.

הואיל והאנרגיה החשמלית נמצאת ביחס ישר למתח וביחס ישר לעוצמת הזרם (W=UIt), נהגים להעביר אנרגיה למרחקים במתח גבוה ככל האפשר, על מנת שעוצמת הזרם תהיה נמוכה

ככל האפשר, מפני שההפסדים בקווים תלויים בריבוע הזרם $(P=I^2R)$. בדרך זו מצמצמים את ההפסדים בקווים.

במכונות, בהן מצויים חלקים בתנועה, קיים חיכוך בין החלקים הנעים לבין עצמם ובינם לבין האוויר. החיכוך מצידו גורם גם כן לפליטת חום וכתוצאה מכך להפסדי הספק.

אנו רואים, אם כן, כי בכל מערכת מצויים הפסדים, ומסיבה זו ה ה ס פ ק ה י ע י ל המופק מהמערכת, אינו שווה להספק המושקע באותה מערכת. נביא דוגמאות מספר:

א) מחולל מספק אנרגיה חשמלית לצרכן באמצעות קו, וכתוצאה מזרימת הזרם החשמלי בקווים יווצרו בו הפסדי הספק בהתאם לנוסחא $P = I^2R$. מסיבה זו ההספק היעיל (P_2) , המופק בצרכן, יהיה נמוך מההספק (P_1) , המושקע על-ידי המחולל.

ב) סוללה, בעלת כח-אלקטרומניע (E) והתנגדות פנימית (r) , מפעילה צרכן שהתנגדותו (R) . ההספק היעיל (P_2) המופק בצרכן יהיה נמוך מההספק (P_1) המושקע על-ידי המקור, הואיל והתנגדותו הפנימית גורמת להפסדי הספק בשיעור $P=I^2r$.

ג) ההספק המכני היעיל (P_2) , המופק ממנוע חשמלי, יהיה נמוך מההספק החשמלי (P_1), המושקע בו, בגלל ההפסדים החשמליים בהתנגדות הפנימית של המנוע ובגלל ההפסדים המכניים, הנובעים מהחיכוך הקיים בין החלקים הנעים.

בשם נ צ י ל ו ת של מערכת אנו מכנים את היחס הקיים בין ההספק היעיל (P_2) , המופק מהמערכת, לבין ההספק (P_1) המושקע בה.

נוהגים לסמן את הנצילות באות (η) .

$$\boxed{\eta = \frac{P_2}{P_1}}$$

נוהגים לבטא את הנצילות באחוזים. אי לכך נוכל לרשום:

$$\boxed{\eta[\%] = \frac{P_2}{P_1} \times 100}$$

η : הנצילות באחוזים [%]

P_1 : ההספק המושקע

P_2 : ההספק היעיל המופק

באותן יחידות הספק.

ברור, אם כן, שככל שהנצילות של מערכת או מכונה תהיה גבוהה יותר, המכונה תהיה יעילה וחסכונית יותר, הואיל ההפסדים הנוצרים בה יהיו נמוכים יותר.

דוגמא: הספקו היעיל של מנוע חשמלי הוא 1 כ"ס. המנוע צורך מהרשת הספק של 920 וט. חשב את נצילות המנוע.

$$1HP = 736W$$

$$\eta[\%] = \frac{P_2}{P_1} \times 100 = \frac{736}{920} \times 100 = 0.8 \times 100 = 80\%$$

דוגמא: על לוחית הזיהוי של מנוע חשמלי, המיועד למתח של 220 וולט, רשום שהספקו 3 כ"ס. חשב את עוצמת הזרם, שהמנוע צורך מהרשת, אם נצילותו היא 80%.

$$P_2 = 3HP = 3 \times 736 = 2208W$$

הואיל וההספק הרשום על גבי לוחית הזיהוי, הוא בכל מקרה ההספק היעיל של המנוע, עלינו לחשב תחילה את ההספק המושקע.

$$\eta[\%] = \frac{P_2}{P_1} \times 100 \qquad P_1 = \frac{P_2}{\eta[\%]} \times 100 = \frac{2208}{80} \times 100 = 2760W$$

$$I = \frac{P_1}{U} = \frac{2760}{220} \cong 12.54A$$

דוגמא: על משאבה להעלות 80 מטרים מעוקבים מים, לגובה 50 מטרים, בפרק זמן של שעה אחת. חשב את ההספק היעיל של המנוע, המפעיל משאבה זו, אם נצילותה היא 80%.

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta} = \frac{Fs}{t\eta} = \frac{80000 \times 50}{3600 \times 0.8} \times 9.81 = 13625W = 13.625kW$$

דוגמא: מנוף מעלה משא, שמשקלו 850 ק"ג, לגובה 10 מטר בפרק זמן של 10 שניות ובנצילות של 85%.

מנוף זה מופעל באמצעות מנוע שנצילותו 90%. חשב את ההספק שהמנוע צורך מהרשת.

נסמן ב- P_3 את ההספק היעיל של המנוף, ב- P_2 את ההספק היעיל של המנוע וב- P_1 את ההספק שהמנוע צורך מהרשת.

$$P_2 = \frac{P_3}{\eta_1} = \frac{Fs}{t\eta_1} = \frac{850\times10}{10\times0.85} = 1000\ \frac{kgm}{sec} = 1000 \times 9.81 = 9810W$$

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta_2} = \frac{9810}{0.9} = 10900W = 10.9kW$$

אנו רואים כי ניתן לחשב את ההספק P_1 באמצעות נוסחא אחת:

$$P_1 = \frac{P_3}{\eta_1\eta_2} = \frac{Fs}{t\eta_1\eta_2} = \frac{850\times10}{10\times0.85\times0.9}\left[\frac{kgm}{sec}\right] = \frac{850\times10\times9.81}{10\times0.85\times0.9} = 10900W = 10.9kW$$

והמסקנה הנובעת מכך היא כי הנצילות השקולה של מערכת מכונות שווה למכפלת הנצילויות של המכונות $(\eta=\eta_1\eta_2)$.

נבדוק אתה מה תהיה הנצילות של מעגל חשמלי, המורכב מצרכן בעל התנגדות (R) ומקור מתח בעל כא"מ (E) והתנגדות פנימית (r) :

עוצמת הזרם במעגל תהיה: $I = \frac{E}{R+r}$

ההספק המושקע הוא: $P_1 = EI = E\frac{E}{R+r} = \frac{E^2}{R+r}$

ההספק המופק בצרכן: $P_2 = I^2R = \frac{E^2}{(R+r)^2}R = \frac{RE^2}{(R+r)^2}$

והנצילות: $\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{R(R+r)E^2}{(R+r)^2E^2} = \frac{R}{R+r}$

אנו רואים, כי הנצילות של מעגל חשמלי שווה ליחס בין התנגדות הצרכן לבין ההתנגדות הכללית במעגל.

דוגמא: צרכן, שהתנגדותו 0.3 אום, ניזון ממצבר, שהתנגדותו הפנימית 0.1 אום. חשב את נצילות המעגל.

$$\eta = \frac{R}{R+r} = \frac{0.3}{0.3+0.1} = \frac{0.3}{0.4} = 0.75 = 75\%$$

דוגמא: התנאי להפקת זרם בעל עוצמה מירבית מסוללה הוא חיבור התאים באופן כזה, שההתנגדות הפנימית השקולה של הסוללה תשווה להתנגדות הצרכן $(R=r)$.
מה תהיה הנצילות של המעגל בחיבור כזה?

$$\eta = \frac{R}{R+r} = \frac{R}{R+R} = \frac{R}{2R} = 0.5 = 50\%$$

פעולת המחולל הפוכה לזו של המנוע. במחולל אנו משקיעים אנרגיה מכנית, על-ידי סיבוב הציר שלו, והמחולל ממיר אנרגיה מכנית לאנרגיה חשמלית.

דוגמא: מחולל מספק אנרגיה חשמלית לשני תנורי חימום בעלי הספק של 1500 וט לתנור, ולשלוש נורות בעלות הספק של 100 וט לכל אחת.
חשב את האנרגיה המכנית, המושקעת להפעלת המחולל, אם נצילותו 90% וההפסד הכללי בקווים הוא 12 וט.

$$P_2 = 2\times1500 + 3\times100 + 12 = 3000 + 300 + 12 = 3312W$$

$$\frac{P_2}{P_1} = 0.9 \;;\; P_1 = \frac{P_2}{0.9} = \frac{3312}{0.9} = 3680W \;;\; P_1\,[HP] = \frac{P_1[W]}{736} = \frac{3680}{736} = 5HP$$

אנרגיה של חום

מ י ד ת ה ח ו ם (טמפרטורה) ו כ מ ו ת - ה ח ו ם

אם אנו נוגעים בשני גופים ואומרים, כי אחד הגופים חם יותר מהשני, אנו משווים למעשה, את מ י ד ו ת ה ח ו ם של שני הגופים.

מידת החום ניתנת לתחושה, ואנו יכולים להשוות בנקל את מידות החום של גופים שונים. למשל, מידת החום של מים רותחים גבוהה ממידת החום של מי ברז, ומידת החום של מי קרח נמוכה ממידת החום של מי ברז. את מידת החום ניתן למדוד באמצעות מד-חום. לעומת זאת, כמות החום, אינה ניתנת לתחושה. למשל, בדוד מי ברז מצויה כמות חום גדולה מזו שבכוס מי-ברז, אף-על-פי שמידות החום שוות. כדי להרתיח את המים הממלאים דוד, באמצעות מקור-חום כלשהו, דרוש פרק זמן ארוך יותר מאשר דרוש כדי להרתיח מים הממלאים קומקום, באמצעות אותו מקור-חום. מזה נובע, שכדי להרתיח כמות מים גדולה, דרושה כמות חום גדולה מאשר להרתחת כמות מים קטנה. בשני המקרים מידות החום בשעת

הרתיחה, יהיו שוות, בו בזמן שכמויות החום בשני הכלים יהיו שונות. כאשר מוסיפים כמות חום לגוף, עולה מידת החום שלו.

אנרגיה של חום

כמות הזזום, אותה נסמן באות (Q), אינה אלא אנרגיה של חום העשויה לבצע עבודה.

יחידת כמות החום היא "ק ל ו ר י ה" וסימונה [cal] . קלוריה היא כמות החום הדרושה כדי להעלות את מידת-החום של גרם אחד מים במעלה אחת צלסיוס. (יש המכנים יחידה זו גם בשם "קלוריה-קטנה").

יחידה גדולה יותר למדידת כמות-החום היא "ק י ל ו - ק ל ו ר י ה" וסימונה [kcal] קילו-קלוריה היא כמות החום הדרושה כדי להעלות את מידת החום של ק"ג אחד מים במעלה אחת צלסיוס. (יש המכנים יחידה זו גם בשם "קלוריה-גדולה").

$$1kcal = 1000\ cal$$

החום הסגולי

כפי שראינו, כמות החום הדרושה כדי להעלות את מידת החום של גרם אחד מים היא קלוריה אחת.

כמות החום הדרושה כדי להעלות את מידת החום של כל חומר אחר במעלה אחת צלסיוס, היא שונה, וקרויה "ה ח ו ם ה ס ג ו ל י" של החומר.

נוהגים לסמן את החום הסגולי באות (c) ומודדים אותו ביחידות "קלוריות לגרם למעלה צלסיוס" $cal/gr\times°C$ או ביחידות "קילוקלוריות לק"ג למעלה צלסיוס" $kcal/kgr\times°C$

אם אנו אומרים, שהחום הסגולי של אלומיניום הוא $c=0.21cal/gr\times°c$ הרי כוונתנו היא שכדי להעלות את מידת החום של גרם אחד אלומיניום במעלה אחת צלסיוס, אנו זקוקים לכמות חום של 0.21 קלוריות.

הואיל ולהעלאת מידת החום של גרם אחד חומר, במעלה אחת צלסיוס, דרושות c קלוריות, הרי שכדי להעלות את מידת החום של m גרמים, מאותו החומר, במעלה אחת צלסיוס, יהיו דרושות mc קלוריות. ואם נרצה להעלות את מידת החום של m גרמים,

מאותו חומר, ממידת חום Θ_1 למידת חום Θ_2 , נהיה זקוקים ל- $mc(\Theta_2-\Theta_1)$ קלוריות.

נוכל, אם כן לרשום:

$$\boxed{Q = mc(\Theta_2 - \Theta_1)}$$

Q : כמות החום בקלוריות [cal]

m : משקל החומר בגרמים [gr]

c : החום הסגולי בקלוריות לגרם למעלה צלסיוס [cal/gr×°C]

$(\Theta_2-\Theta_1)$: שיעור העליה של מידת החום [°C]

Θ_1 : מידת-החום ההתחלתית [°C]

Θ_2 : מידת-החום הסופית [°C]

ברור, שאם משקל החומר יהיה נתון ב- [kg] והחום הסגולי ב- [kcal/kgr×°C] נקבל את כמות החום ב- [kcal] .

דוגמא: מהי כמות החום הדרושה כדי להעלות את מידת-החום של 100 גר' אלומיניום מ- 20°C ל- 400°C ? c=0.21[cal/gr×°C]

$$Q = mc(\Theta_2-\Theta_1) = 100 \times 0.21 \times (400-20) = 7980cal$$

דוגמא: חשב את כמות החום הדרושה כדי להעלות את מידת החום של גוש פלדה שמשקלו 5 ק"ג ב- 1000°C. c=0.11[kcal/kgr×°C]

$$Q = mc(\Theta_2-\Theta_1) = 5 \times 0.11 \times 1000 = 550\ kcal$$

דוגמא: מהי כמות החום, שיש להשקיע כדי להרתיח 100 ליטר מים, המצויים במידת חום של 20°c?

כפי שראינו, החום הסגולי של מים הוא: c = 1 [kcal/kgr×°C]

או: c = 1 [cal/gr×°C]

לכן: $Q = mc(\Theta_2-\Theta_1) = 100 \times 1 \times (100-20) = 8000$ kcal

המרת אנרגיה חשמלית לאנרגיה של חום

ראינו, שזרם חשמלי בעל עוצמה (I), הזורם דרך מוליך בעל התנגדות (R), בפרק זמן (t), גורם להפסדי אנרגיה חשמלית בשיעור:

$$W = I^2Rt$$

הואיל ואנרגיה זו הופכת כולה לחום, הרי שכמות החום שתתקבל תהיה יחסית לביטוי I^2Rt.

הפסדי האנרגיה החשמלית בקווים אינם מנוצלים וגורמים להפסד כספי. לעומת זאת, במכשירי חימום, כגון: קומקומים, מגהצים, תנורים, ודוודי חימום ובמכשירי תאורה, כגון: נורות חשמליות למיניהן, אנו ממירים את האנרגיה החשמלית, לאנרגיה של חום, ומנצלים אותה לתועלתנו.

חוק ז'ול

הפיסיקאי הבריטי "ז'ול", אשר על שמו קרויה יחידת האנרגיה החשמלית, ביצע ניסוי מעבדתי, כדי לקבוע את הקשר בין האנרגיה החשמלית ואנרגית החום.

ז'ול הכניס m גר' מים לתוך כלי, ולתוכם הכניס מד-חום וגוף חימום, המחובר למקור מתח.

ז'ול מדד את המתח (U) על הדקי גוף החימום באמצעות מד-מתח, ואת עוצמת הזרם (I), הזורם דרכו, באמצעות מד-זרם. משך הניסוי (t) נמדד באמצעות שעון, ומידות החום (Θ_1) בתחילת הניסוי ו- (Θ_2) בסופו נמדדו באמצעות מד-החום, אשר הונח בתוך הכלי.

הכלי, בו בוצע הניסוי, בודד היטב, כדי למנוע פליטת חום ממנו.

ז'ול חישב את כמות החום שהופקה, באמצעות הנוסחא $Q = mc(\Theta_2-\Theta_1)$

ואת האנרגיה החשמלית שהושקעה, באמצעות הנוסחא $W = UIt$

לאחר שחזר מספר פעמים על הניסוי שלו, בתנאים שונים, הסתבר, כי בין כמות החום המופקת (Q) והאנרגיה החשמלית המושקעת (W) קיים יחס קבוע:

$$Q = 0.24W \quad \text{או} \quad \frac{Q}{W} = 0.24$$

הוה אומר, שאנרגיה חשמלית בשיעור 1 ז'ול, בהופכה לאנרגיה של חום, יוצרת כמות חום של 0.24 קלוריות.

מזה נובע שכדי לחשב את כמות החום שהופקה בקלוריות עלינו לכפול את כמות האנרגיה החשמלית, הנתונה ביחידות "ז'ול", פי 0.24

נוכל לרשום:

$$\boxed{Q = 0.24W}$$

Q : כמות החום המופקת בקלוריות [cal]

W : האנרגיה החשמלית המושקעת ביחידות "ז'ול" [J]

נוסחא זו היא נוסחא בסיסית וניתן להפיק ממנה נוסחאות אחרות, אם נציב לתוך הנוסחא האחרונה:

$$W = \frac{U^2}{R}t \quad \text{או} \quad W = I^2Rt \quad \text{או} \quad W = UIt \quad \text{או} \quad W = Pt$$

נקבל:

$$\boxed{Q = 0.24\frac{U^2}{R}t} \quad \boxed{Q = 0.24I^2Rt} \quad \boxed{Q = 0.24UIt} \quad \boxed{Q = 0.24Pt}$$

Q : כמות החום המופקת בקלוריות [cal]

P : ההספק המושקע ביחידות "וט" [W]

U : מפל המתח על המוליך בוולטים [V]

I : עוצמת הזרם במוליך באמפרים [A]

R : התנגדות המוליך באומים [Ω]

t : זמן הפעולה בשניות [sec]

דוגמא: גוף חימום, שהספקו 500 וט, פועל ברציפות במשך דקה אחת. איזו כמות חום הופקה?

$$Q = 0.24Pt = 0.24 \times 500 \times 60 = 7200 \text{ cal}$$

דוגמא: מהי כמות החום, הנפלטת מקו חשמלי בכל שעה, אם התנגדותו 0.2 אום ועוצמת הזרם הזורם דרכו היא 10 אמפר?

$$Q = 0.24I^2Rt = 0.24 \times 10^2 \times 0.2 \times 3600 = 17280 \text{ cal} = 17.28 \text{ kcal}$$

ראינו, אם כן, שאם אנרגיה חשמלית בשיעור 1 ז'ול הופכת לאנרגיה של חום, כמות החום שתופק תהיה 0.24 קלוריות. מזה נובע, שאם אנרגיה חשמלית בשעור 1 קילווט-שעה תהפוך לאנרגיה של חום, כמות החום שתופק תהיה 860 קילוקלוריות.

דוגמא: מה תהיה כמות החום, שתופק מגוף חימום, שהספקו 2200 וט, בפרק זמן של מחצית השעה?

$$W = Pt = 2.2 \times 0.5 = 1.1\text{kWh}$$

$$Q = 860W = 860 \times 1.1 = 946\text{kcal}$$

מכשירי חימום

בכל מכשירי החימום הופכת אנרגיה חשמלית לאנרגית חום. הרכיב בעל התפקיד העיקרי במכשיר חימום הוא "גוף-החימום", אשר בו הופכת האנרגיה החשמלית לאנרגיה של חום.

גוף החימום בנוי תייל בעל התנגדות סגולית גבוהה, כגון כרום-ניקל, הכרוך על חומר מבדד כלשהו, העשוי לעמוד במידות החום הגבוהות מבלי להינזק. גם התייל עצמו חייב לעמוד במידות-חום גבוהות, על מנת שלא יותך. כרום-ניקל למשל, עשוי לעמוד במידות חום עד 1500°C מבלי להנזק.

גופי חימום מוגדרים על-ידי מתח הפעולה שלהם ועל-ידי הספקם. אם על תווית הזיהוי של מגהץ חשמלי רשום 220V / 800W , הרי הכוונה היא שגוף החימום שלו

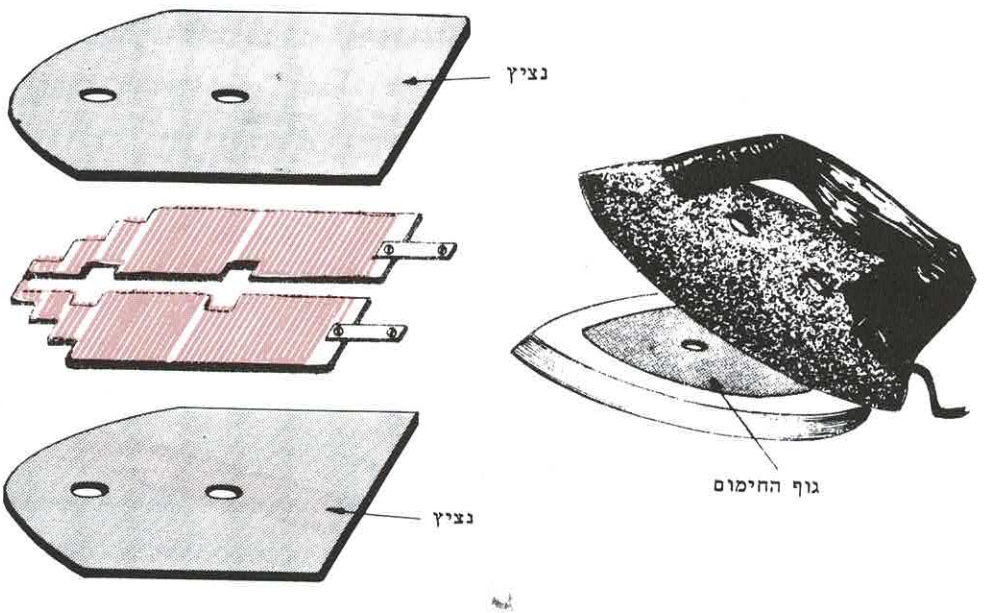
מתוכנן למתח 220 וולט, והספק של 800 וט יומר בו לאנרגיה של חום.

התייל של גוף החימום עשוי להיות עגול או שטוח. על-פי-רוב משתמשים בתילים עגולים, אך בגופי חימום שטוחים, בהם נדרש מגע הדוק בין גוף החימום למכשיר החימום כדי לאפשר מעבר נוח לחום הנפלט, משתמשים בתילים שטוחים.

נצילות מכשירי החימום שונה בכל מקרה ומקרה ותלויה במבנה המכשיר ובתפקיד שהוא ממלא. נביא מספר דוגמאות:

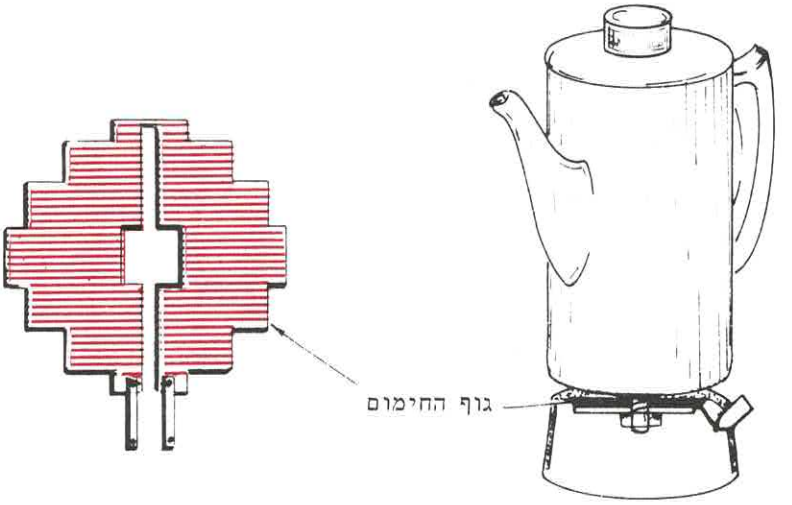
א) ב מ ג ה ץ (ציור י"א1) גוף החימום עשוי תייל שטוח הכרוך על לוחית עשויה נציץ. גוף החימום מבודד, מגוף המגהץ, באמצעות שתי לוחיות נציץ נוספות, המכסות אותו משני הצדדים. הנציץ הוא חומר מבדד מעולה העומד היטב במידות חום גבוהות.

באשר לנצילות - חלק מהחום, המתפתח בגוף החימום של המגהץ, מחמם את גוף המגהץ ומוקרן לסביבה. ברור, שכמות חום זו מהווה הפסד הואיל ואנו מעוניינים בחימום הלוח התחתון של המגהץ, הבא במגע עם המוצרים אותם יש לגהץ.



ציור י"א1

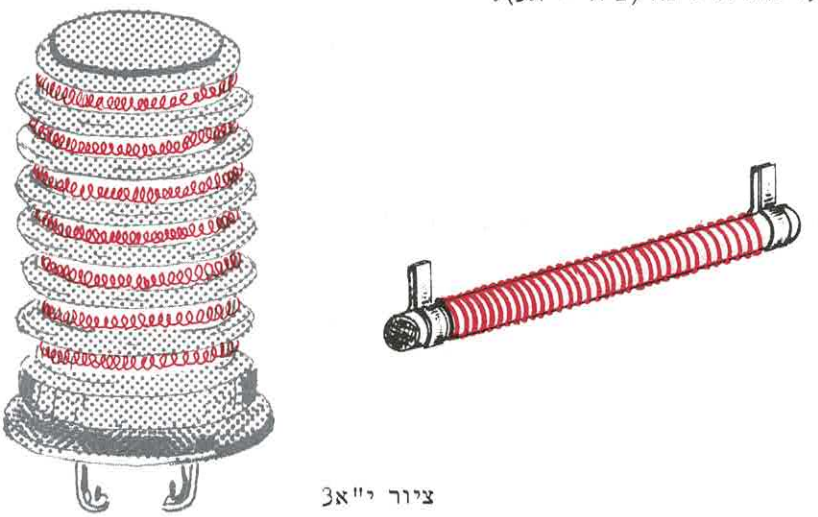
בסוג מסויים של קומקומים גוף החימום בנוי באותו אופן, אך צורתו עגולה והוא לחוץ בחוזקה לתחתית הקומקום (ציור י"א2).



ציור י"א2

לפי אותו עקרון בנויים גם גופי החימום של "מ ל ח מ י ם" חשמליים, וקולי לחם.

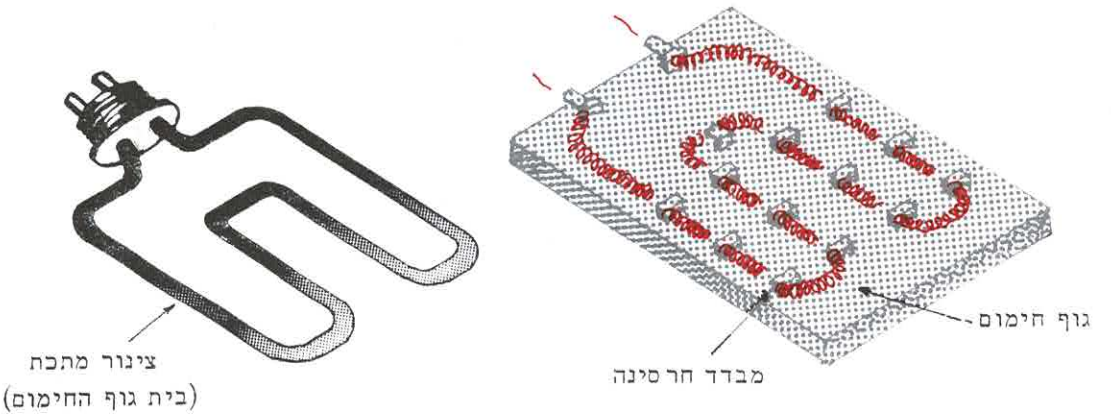
ב) ב ת נ ו ר י ה ס ק ה גוף החימום בנוי תייל, בעל חתך עגול, הכרוך בצורת קפיץ על מוט חרסינה (ציור י"א3).



ציור י"א3

בתנורי הסקה אנו מעוניינים שהחום יוקרן אל חלל החדר ומסיבה זו ההספק היעיל הוא ההספק, אשר יצר את אותה כמות החום, אשר הוקרנה אל תוך חלל החדר.

ג) בתנורי אפייה נהוג להשתמש בגופי חימום הבנויים תייל הכרוך בצורה לולייניית ונתמך על-ידי מבדדי חרסינה, או בגופי חימום, בהם מוכנס התייל הלולייני לתוך צינור מתכתי ומבודד ממנו (ציור י"א4).



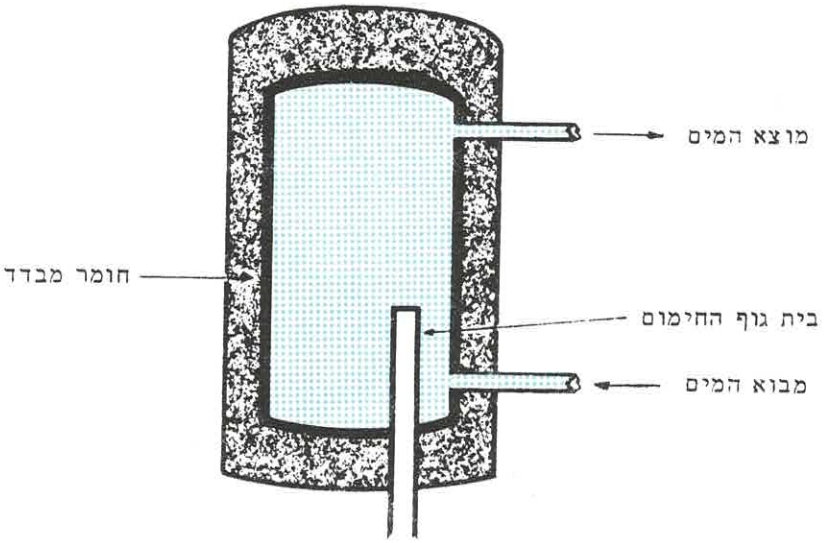
ציור י"א4

בתנורי אפייה מוקרן החום אל תוך חלל התנור ורפנותיו מבודדים מהסביבה באמצעות חומרים המונעים מעבר חום, ובדרך זו מגדילים את נצילותם.

ד) בדודים חשמליים, המיועדים לחימום מים, משתמשים בגופי חימום בעלי תייל לולייני, המבודדים באמצעות מבדדי חרסינה מיוחדים, ומוחדרים אל תוך צינור, הנמצא בתוך הדוד. הצינור אטום לחדירת מים, ומונע על-ידי-כך חדירת מים אל תוך גוף החימום.

הדוד מבודד היטב באמצעות צמר זכוכית או באמצעות שבבי שעם ומונע, על-ידי-כך, קרינת חום אל מחוץ לדוד. נצילות הדוד החשמלי, גבוהה יחסית הודות לבידוד הטוב (ציור י"א5).

נראה עתה, כיצד ניתן לבצע חישובים שונים באשר לחילופי האנרגיה, המתרחשים במכשירי חימום.



ציור י"א5

כפי שכבר ראינו, האנרגיה החשמלית, המושקעת בגוף חימום, הופכת כולה לאנרגיה של חום בשיעור $Q_1 = 0.24Pt$.

חלק מכמות החום הולכת לאיבוד, מסיבות שונות, שהכרנו בפרק זה. חלק אחר של כמות החום מנוצל באופן יעיל להעלאת מידת החום של החומר, אותו מעוניינים לחמם.

ראינו כבר, שכמות החום היעילה המנוצלת היא: $Q_2 = mc(\Theta_2-\Theta_1)$

נוכל, אם כן, לכתוב ביטוי, המציין את הנצילות של מכשיר חימום באחוזים:

$$\eta[\%] = \frac{Q_2}{Q_1} \times 100$$

אם נציב את Q_2 ואת Q_1 בנוסחא האחרונה נקבל:

$$\boxed{\eta[\%] = \frac{mc(\Theta_2-\Theta_1)}{0.24Pt} \times 100}$$

η : נצילות מכשיר החימום באחוזים [%]

m : משקל החומר אותו מעוניינים לחמם בגרמים [gr]

c : החום הסגולי של החומר אותו מעוניינים לחמם ביחידות-קלוריות לג"ר למעלה צלסיוס [cal/gr×°C]

$(\Theta_2-\Theta_1)$: שיעור העלייה של מידת החום במעלות צלסיוס

Θ_1 : מידת החום ההתחלתית של החומר במעלות צלסיוס [°C]

Θ_2 : מידת החום הסופית של החומר במעלות צלסיוס [°C]

P : ההספק החשמלי, המושקע בגוף החימום, בוטים [W]

t : משך זמן הפעולה של גוף החימום בשניות [sec]

ברור, שניתן להציב בנוסחא האחרונה $P = UI$ או $P = I^2R$ או $P = U^2/R$.

ברור, כמו כן, שעל-ידי שינוי נושא הנוסחא, ניתן לחשב את ערכו של כל גורם אחר המופיע בנוסחא, כאשר ידועים יתר הגורמים.

חשוב לחזור ולהדגיש, כי אם החומר הוא מים $c = 1\ cal/gr\times°C$, ואם אין הפסדים במערכת, הנצילות היא $\eta = 100\%$.

דוגמא: קומקום המכיל 2.5 ליטר מים מונח על כירה בעלת הספק של 2200 וט. מידת החום של המים עולה מ- 15°C עד 68°C תוך 9 דקות. חשב את הנצילות.

$$\eta[\%] = \frac{mc(\Theta_2-\Theta_1)}{0.24Pt} \times 100 = \frac{2500(68-15)\times100}{0.24\times2200\times9\times60} = 46.47\%$$

נחשב מחדש את הנצילות, אך בשלבים.

נחשב תחילה את כמות החום, המופקת מגוף החימום:

$$Q_1 = 0.24Pt = 0.24 \times 2200 \times 9 \times 60 = 285120\ cal$$

כמות החום היעילה, שהושקעה כדי להעלות את מידת החום של המים מ- 15°C עד 68°C, היא:

$$Q_2 = mc(\Theta_2-\Theta_1) = 2500(68-15) = 2500 \times 53 = 132500\ cal$$

והנצילות תהיה:

$$\eta[\%] = \frac{Q_2}{Q_1} \times 100 = \frac{132500}{285120} \times 100 = 46.47\%$$

דוגמא: במיחם, בעל נצילות של 80% מצויים 4.8 ליטר מים במידת-חום של 20° .
תוך כמה זמן ירתחו המים, אם הספק גוף החימום של המיחם הוא 1000 וט?

$$t = \frac{mc(\Theta_2-\Theta_1)}{0.24P\eta[\%]} \times 100 = \frac{4800(100-20)\times 100}{0.24\times 1000\times 80} = 2000\text{sec} = 33.3\text{min}$$

דוגמא: מידת החום של 880 גר' מים, המצויים בתוך קומקום בעל נצילות של 50%,
עולה ב- 36°C תוך 5 דקות.
חשב את עוצמת הזרם, הזורם בגוף חימום, אם הוא מופעל במתח 220 וולט.

ניעזר בנוסחא:

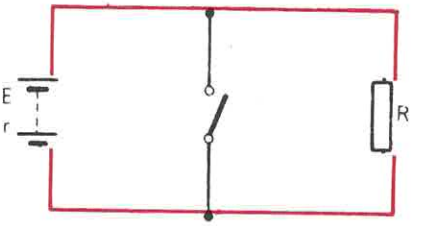
$$\eta[\%] \frac{mc(\Theta_2-\Theta_1)}{0.24Pt} \times 100$$

נציב בנוסחא זו $P=UI$ ונשנה את נושא הנוסחא לחישוב I .

$$I = \frac{mc(\Theta_2-\Theta_1)}{0.24Ut\eta[\%]} \times 100 = \frac{880\times 36\times 100}{0.24\times 220\times 5\times 60\times 50} = 4A$$

הקצר החשמלי

בציור י"א6 מתואר מעגל חשמלי, הכולל: נגד בעל התנגדות (R) וסוללה בעלת כא"מ (E) והתנגדות פנימית (r) . במקביל לצרכן מותקן מפסק.



ציור י"א6

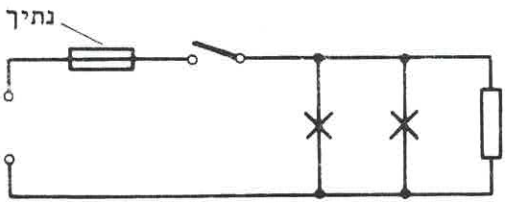
עוצמת הזרם במעגל היא $I = E/R+r$. אם נסגור את המפסק, לא יזרום עוד זרם דרך הנגד R , ועוצמת הזרם דרך המפסק תהיה $I = E/r$. עוצמת זרם זו היא גבוהה באופן יחסי והיא על-פי רוב גבוהה מעוצמת הזרם המירבית, אשר מותר להזרים דרך הסוללה, וכתוצאה מכך ייגרם לה נזק והיא תצא מכלל פעולה.

אנו מגדירים מצב זה בשם "ק צ ר ח ש מ ל י", והזרם הזורם במעגל קרוי "ז ר ם ק צ ר".

במתקני חשמל נוצר קצר, כאשר שני מוליכי הקו נוגעים זה בזה ומאפשרים מעבר זרם שלא דרך הצרכן. כתוצאה מכך זורם במעגל "זרם קצר", אשר עלול לגרום נזק למקור המתח וליצור כמויות חום גבוהות במוליכי הקו. כמויות החום המתפתחות עלולות לגרום נזק לחומר המבודד את התילים ובמקרים קיצוניים אף להתכתם.

כדי להגן על מתקני חשמל, בפני "זרם קצר", אנו מנצלים את תופעת החימום של הזרם החשמלי, על-ידי-כך שמשלבים בטור עם המעגל " נ ת י ך ". **הנתיך** עשוי תייל דק המתוכנן באופן כזה, שאם עוצמת הזרם במעגל עולה מעל לעוצמת הזרם המירבית, המותרת במעגל, מתחמם תיל הנתיך עד כדי התכה. עם התכתו נפסקת זרימת הזרם במעגל.

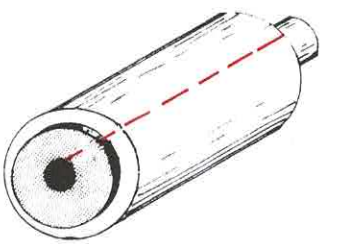
בציור י"א7 מופיע תרשים של מעגל, אשר אחד ממרכיביו הוא נתיך.



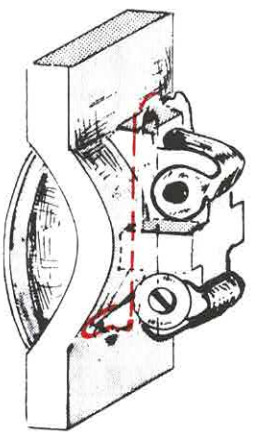
ציור י"א7

מצויים שני סוגים עיקריים של נתיכים. בציור י"א8 מתואר נתיך לשימוש חד פעמי. הנתיך עשוי חרסינה והתייל העובר דרכו אינו ניתן להחלפה. בציור י"א9 מתואר נתיך, בו מורכב התייל בין שני ברגים וניתן להחלפה.

הנתיך מחובר במעגל בתוך בית נתיך.



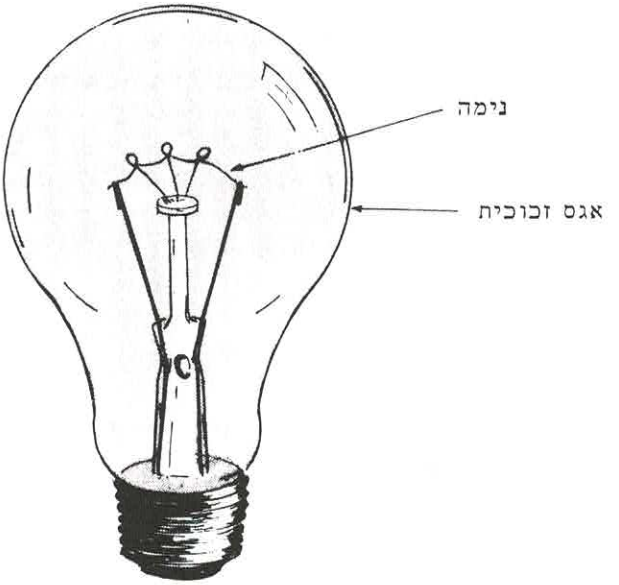
ציור י"א8



ציור י"א9

נורות להט

נורות להט בנויות אגס זכוכית ובו תייל דק הקרוי "ת י ל ל ה ט" או "נ י מ ה". הזרם החשמלי, הזורם דרך הנימה, מחמם אותה עד כדי ליבון וכתוצאה מכך היא מפיצה אור (ציור י"א10).



ציור י"א10

כדי למנוע שרפת הנימה, ריק אגס הזכוכית מהאוויר.

הואיל ואנו מעוניינים, שהנורה תפיץ אור חזק, ככל האפשר, חייבים אנו להזרים, דרך הנימה, עוצמת זרם גבוהה, כדי להעלות את מידת החום שלה במידה רבה. אי לכך, עלינו להכין את הנימות של נורות הלהט ממתכות בעלות נקודות היתוך גבוהות מאד, כגון "טונגסטן".

הנצילות של נורת הלהט היא נמוכה, הואיל ואנו מנצלים למטרת תאורה חלק מהאנרגיה המושקעת. ההפסדים נגרמים כתוצאה מפליטת חום.

שאלות סיכום ובעיות לפרק יא

בחן את ידיעותיך

לפניך אוסף שאלות ברירה, ולכל שאלה מספר תשובות, אשר רק אחת מהן נכונה. עליך לבחור את התשובה הנכונה, ולסמן אותה על דף נפרד. לאחר מכן השווה את תשובותיך עם התשובות, המצויות בסוף הספר, כדי לקבוע עד כמה מובן לך החומר אשר למדת.

י"א1) אנרגיה מכנית היא:

א) היכולת לבצע עבודה מכנית.
ב) העבודה המכנית, המתבצעת ביחידת זמן.
ג) מכפלת העבודה המכנית בזמן הביצוע.
ד) התגברות על מעצור לאורכה של דרך.

י"א2) עבודה מכנית היא:

א) היכולת לבצע עבודה מכנית.
ב) התגברות על מעצור לאורכה של דרך.
ג) הרמת משא של 1 ק"ג לגובה 1 מטר.
ד) מושג שלא ניתן להגדירו.

י"א3) המרת אנרגיה היא:

א) הפיכת אנרגיה מצורה אחת לאחרת.
ב) הפיכת אנרגיה חשמלית לאנרגיה מכנית ולאנרגיה של חום.
ג) הפיכת אנרגיה מכנית לאנרגיה חשמלית.
ד) חישוב מחיר האנרגיה החשמלית לצרכן.

י"א4) איזהו המשפט הנכון?

א) אנרגיה חשמלית עשויה להפוך לאנרגיה של חום, אך לא להיפך.
ב) כל אנרגיה עשויה להפוך לאנרגיה מסוג אחר.
ג) בשום פנים ואופן לא ניתן להפוך צורה אחת של אנרגיה לצורה אחרת.
ד) רק אנרגיה חשמלית ואנרגיה מכנית עשויות להתחלף ביניהן.

י"א5) הספק מכני הוא:

א) היכולת לבצע עבודה מכנית.
ב) התגברות על מעצור לאורכה של דרך.
ג) מכפלת כמות העבודה המכנית בזמן.
ד) העבודה המכנית, המתבצעת ביחידת זמן.

י"א6) יחידות עבודה מקובלות הן:

א) ז'ול, וט.
ב) קולון, ז'ול.
ג) ק"ג, קג"מ.
ד) קג"מ, ז'ול.

י"א7) יחידות הספק מקובלות הן:

א) ז'ול, וט.
ב) ז'ול, קג"מ בשניה.
ג) קג"מ בשניה, וט.
ד) קג"מ בשניה, וט בשניה.

י"א8) היחידה כ"ס (כח-סוס) שוה ל-:

א) 75 קג"מ בשניה.
ב) 1000 וט.
ג) 75 וט.
ד) 736 קג"מ בשניה.

י"א9) מהו ההספק, אם עבודה של 100 ז'ול בוצעה בפרק זמן של 10 שניות?

א) 1000 וט-שניות.
ב) 0.1 קילווט.
ג) 10 וט.
ד) 1000 וט.

י"א10) הספק של כ"ס אחד הוא שוה ערך ל-:

א) 1000 וט.
ב) 736 וט.
ג) 376 וט.
ד) 220 וט.

י"א11) אנרגיה חשמלית מומרת לאנרגיה מכנית באמצעות:

א) מנועים ומחוללים.
ב) מעליות ומנופים.
ג) מחוללים.
ד) מנועים.

י"א12) הפסדי ההספק בקווים נמצאים:

א) ביחס ישר לעוצמת הזרם.
ב) ביחס ישר לריבוע עוצמת הזרם.
ג) ביחס הפוך לעוצמת הזרם.
ד) ביחס הפוך לריבוע עוצמת הזרם.

י"א13) היתרון בהעברת אנרגיה חשמלית למרחקים, במתח גבוה, הוא:

א) למרות מפל המתח בקווים, נותר מתח במדה מספקת בשביל הצרכנים.
ב) צימצום הפסדי האנרגיה בקווים.
ג) יצירת עוצמות זרם גבוהות.
ד) קל יותר לייצר מתחים גבוהים.

י"א14) העבודה היעילה המופקת ממערכת:

א) גדולה תמיד מהעבודה המושקעת.
ב) קטנה תמיד מהעבודה המושקעת.
ג) שווה תמיד לעבודה המושקעת.
ד) תלוי באיזו מערכת מדובר.

י"א15) ההספק המכני היעיל, המופק ממנוע חשמלי:

א) שווה להספק החשמלי המושקע בו.
ב) גדול מההספק החשמלי המושקע בו.
ג) קטן מההספק החשמלי המושקע בו.
ד) תלוי בסוג המנוע.

י"א16) בשם "נצילות" אנו מכנים את:

א) היחס בין ההספק היעיל המופק להספק המושקע.
ב) היחס בין ההספק המושקע להספק היעיל המופק.
ג) ההספק היעיל של מעגל חשמלי.
ד) הניצול היעיל של מכונות חשמל

י"א17) אם הנצילות של מתקן היא 0.8 :

א) ההספק המתבזבז מהווה 80% מההספק המושקע.
ב) ההספק המתבזבז מהווה 20% מההספק המושקע.
ג) היחס בין ההספק המושקע להספק היעיל הוא 0.8 .
ד) סימן הוא, שבמתקן זה קיים בזבוז רב של אנרגיה.

י"א18) יחידת כמות החום הקרויה "קלוריה" היא:

א) כמות החום, הדרושה כדי להעלות את מידת-החום של 1 גר' מים ב- 1°C

ב) כמות החום, הדרושה כדי להעלות את מידת-החום של 1 ק"ג מים ב- 1°C

ג) כמות החום, המופקת על-ידי השקעת אנרגיה חשמלית של ז'ול אחד.

ד) יחידה לא נוחה לשימוש ואין מרבים להשתמש בה.

י"א19) "חום סגולי" של חומר הוא:

א) מושג, התלוי בהתנגדות הסגולית של החומר.

ב) כמות החום, הדרושה כדי להפוך גרם אחד של חומר ממצב מוצק לנוזל.

ג) כמות החום, הדרושה כדי להעלות את מידת החום של 1 גר' מים ב- 1°C .

ד) כמות החום, הדרושה כדי להעלות את מידת החום של 1 גר' מאותו חומר ב- 1°C .

י"א20) על-ידי הזרמת זרם חשמלי דרך התנגדות אנו הופכים:

א) אנרגיה של חום לאנרגיה חשמלית.

ב) אנרגיה מכנית לאנרגיה חשמלית.

ג) אנרגיה חשמלית לאנרגיה מכנית.

ד) אנרגיה חשמלית לאנרגיה של חום.

י"א21) כמות החום, הנוצרת במוליך בהשפעת זרימת זרם חשמלי דרכו:

א) מנוצלת לחימום הסביבה.

ב) תלויה במידת-החום של המוליך.

ג) תלויה במידת החום של הסביבה.

ד) נמצאת ביחס ישר לאנרגיה החשמלית המושקעת.

י"א22) לשם הפיכת אנרגיה חשמלית לאנרגיה של חום אנו משתמשים ב-:

א) תנורים.

ב) מנועים.

ג) גופי חימום.

ד) מצברים.

י"א23) לבנית גוף חימום נעדיף להשתמש בתיל:

א) נחושת.
ב) כרום-ניקל.
ג) פלדה.
ד) כסף.

י"א24) במכשירי חימום הופכת אנרגיה חשמלית לאנרגית חום. לחישוב כמות החום המתקבלת ניעזר בחוק:

א) אום.
ב) ז'ול.
ג) קירכהוף.
ד) שימור האנרגיה.

י"א25) על גבי לוחות הזיהוי, של מכשירי חימום, נתונים על-פי-רוב:

א) המתח וההספק.
ב) המתח ועוצמת הזרם.
ג) המתח וההתנגדות.
ד) עוצמת הזרם וההספק.

י"א26) המושג "קצר חשמלי" מציין:

א) מעבר זרם שלא דרך צרכן.
ב) הפסקת חשמל.
ג) סגירת מפסק במעגל חשמלי.
ד) קיצור אורכו של מוליך.

י"א27) תפקידו של נתיך במעגל חשמלי הוא:

א) לשמש כמפסק בשעת הצורך.
ב) למנוע הפסקות בזרם החשמל.
ג) להינתק בשעת הצורך.
ד) להגן על המעגל בפני קצר חשמלי.

י"א28) את הנתיך, במעגל חשמלי, מחברים:

א) במקביל עם העומס.
ב) בטור עם העומס.
ג) בחיבור מעורב.
ד) אופן החיבור תלוי בסוג הצרכנים.

י"א1) כדי להסיע גוף למרחק 100 מטרים, הופעל כוח בשיעור 80 ניוטון.
חשב את כמות העבודה, שבוצעה ביחידות "ז'ול".

י"א2) כדי להעלות משא מסויים לגובה 10 מטר, בוצעה עבודה בשיעור 300 קג"מ.
חשב את הכוח שהופעל בק"ג ובניוטון.

י"א3) מכונה מבצעת עבודה של 10 000 ז'ול, בפרק זמן של 10 שניות.
חשב את הספק המכונה.

י"א4) מהו ההספק הדרוש כדי להפעיל משאבה, המעלה 5 מטרים מעוקבים מים, לגובה 36 מטר, במשך שעה אחת?

י"א5) מנוף מרים משא בן 5 טון, לגובה 15 מטר, תוך פרק זמן של 25 שניות.
חשב את הספק המנוף בכ"ס.

י"א6) מהו ההספק בכ"ס, שעלינו להשקיע כדי להעלות משא של 100 ק"ג מתוך בור, שעומקו 30 מטר, בפרק זמן של 30 שניות.

י"א7) כדי להעלות משא לגובה מסוים תוך 2 דקות דרוש הספק של 10 כ"ס.
איזה הספק יהיה דרוש כדי להעלות את אותו המשא לאותו הגובה, תוך 30 שניות?

י"א8) מה צריך להיות הספקו המינימלי של מנוף בכ"ס, על מנת שניתן יהיה להעלות באמצעותו משא במשקל 1800 ק"ג, לגובה 25 מטר בפרק זמן של 40 שניות?

י"א9) מעלית עשויה להעלות משא של 0.75 טון, לגובה 12 מ' תוך חצי דקה.
חשב את הספק המעלית בכ"ס, קג"מ-בשניה, וט, קילווט.

י"א10) הספקו של מנוע 5 כ"ס. חשב את הספקו בקילווט.

י"א11) הספקו היעיל של מנוע חשמלי הוא 50 כ"ס וההספק שהוא צורך מהרשת הוא 40 קילווט. חשב את נצילות המנוע.

י"א12) מנוע חשמלי צורך מהרשת 18.4 קילווט ומפעיל מכונה בהספק יעיל של 20 כ"ס.
חשב את נצילות המנוע.

י"א13) הספקו היעיל של מנוע הוא 4 קילווט והוא צורך מהרשת 4650 וט.
חשב את הנצילות של המנוע.

י"א14) חשב את נצילותו של מנוע חשמלי, הצורך זרם בעוצמה של 20 אמפר, בהיותו נתון במתח 220 וולט, אם ההספק היעיל שלו הוא 3.52 קילווט.

י"א15) חשב את הספקו היעיל של מנוע, שנצילותו 85%, אם הוא צורך מהרשת הספק של 2 קילווט.

י"א16) מנוע חשמלי, בעל הספק יעיל של 10 כ"ס, פועל במתח 230 וולט.
חשב את ההספק, אשר צורך המנוע מהרשת ואת עוצמת הזרם. נצילות המנוע היא 80%.

י"א17) מנוע חשמלי מפעיל מכונה בהספק יעיל של 5 כ"ס ובנצילות של 80%.
מהי עוצמת הזרם, שהמנוע צורך מהרשת, אם הוא פועל במתח 220 וולט?

י"א18) מנוע קטן, הפועל במתח 230 וולט, הוא בעל נצילות של 40%.
חשב את עוצמת הזרם, שהוא צורך מהרשת, אם הוא מפתח הספק יעיל של 1/8 כ"ס.

י"א19) מנוע של קטר חשמלי, הניזון ממתח 500 וולט, מפתח הספק יעיל בשיעור 1000 כ"ס.
אם נצילות המנוע היא 80%, חשב את עוצמת הזרם שהוא צורך.

י"א20) צריכים לבחור מנוע מתאים עבור מנוף, המרים מטען מירבי של 2000 ק"ג לגובה 5 מטר, בפרק זמן של 10 שניות. מה צריך להיות ההספק היעיל של המנוע, אם נצילות המנוף היא 50%?

י"א21) עליך להזמין מנוע חשמלי להפעלת מעלית, המעלה משא מירבי של 2 טון לגובה 13.5 מטר, בפרק זמן של 2 דקות ובנצילות של 50%.
מה צריך להיות הספקו היעיל של המנוע?

י"א22) מכשיר הרמה מעלה מטען של 2 טון לגובה 5 מטר, בפרק זמן של 10 שניות. חשב את ההספק היעיל של המנוע בכ"ס, אם ידוע, כי נצילות מכשיר ההרמה היא 66.7%

י"א23) מנוע חשמלי, בעל נצילות של 80%, מפעיל מנוף בעל נצילות של 75%. המנוף מרים משא של 0.8 טון לגובה 25 מטר, בפרק זמן של חצי דקה.
מהו ההספק, שהמנוע צורך מהרשת?

י"א24) מעלית מעלה משא של 10 טון, לגובה 7.5 מטר ב-10 שניות. הנצילות של כל המערכת היא 75%. חשב את ההספק, הנצרך מהרשת על-ידי המנוע החשמלי, המפעיל את המעלית.

י"א25) א) מהו ההספק היעיל, המושקע בשאיבת 1.6 מטרים מעוקבים מים בדקה מעומק 10 מטר, מתחת לפני האדמה, ועד לגובה 20 מטר מעל לפני האדמה?
ב) מהו ההספק החשמלי, המושקע במתקן, אם נצילותו 80%?

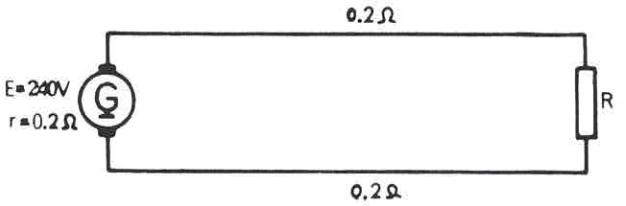
י"א26) מעלית מעלה מטען של 1500 ק"ג בקצב של 25 מטר ב-15 שניות. אם נצילות המערכת היא 50%, מה תהיה עוצמת הזרם שיצרוך המנוע בהיותו מופעל במתח 220 וולט?

י"א27) מצבר מספק הספק של 200 וט לקו, המסתיים בצרכן הפועל בהספק של 100 וט. חשב את נצילות המתקן.

י"א28) הכא"מ של סוללה הוא 30 וולט. חשב את נצילות המעגל, אם מתח הדקי הסוללה היא 27 וולט, כאשר מחברים אליה צרכן מסויים.

י"א29) התנגדותו הפנימית של מצבר היא 0.01 אום. חשב את נצילות המעגל, כאשר בין הדקיו צרכן שהתנגדותו 0.24 אום.

י"א30) בהתייחס למעגל המופיע בציור י"א11 חשב את ההספק היעיל, הנצרך על-ידי העומס ואת הנצילות של המעגל, אם המחולל מפתח הספק של 2.5 קילווט.



ציור י"א11

י"א31) מחולל מספק אנרגיה חשמלית לעומס, המורכב משמונים נורות בנות הספק של 60 וט, עשרה מכשירים בני הספק של 500 וט, ומנוע שהספקו היעיל 10 כ"ס ונצילותו 85%.

א) חשב את ההספק, שמספק המחולל בכ"ס.

ב) חשב את ההספק, המושקע להנעת המחולל בכ"ס, אם נצילותו 90%.

י"א32) איזו כמות חום יש להשקיע כדי להעלות את מידת-החום של ליטר אחד מים ב- 60°C ?

י"א33) גוף חימום של אקווריום צריך להעלות את מידת-החום של המים ב-4°C . איזו כמות חום צריך לפלוט גוף החימום, אם באקווריום מצויים 60 ליטר מים?

י"א34) לאיזו כמות חום תזדקק כדי להעלות את מידת החום של 0.2 ליטר מים מ- 20°C ל- 25°C ?

י"א35) משקיעים 120 קילו-קלוריות במים, שנפחם 5 ליטר. בכמה מעלות תעלה מידת החום של המים?

י"א36) איזו כמות חום יש להשקיע כדי להרתיח 60 ליטר מים, המצויים ב-20°C ?

י"א37) איזו כמות חום יש להוסיף ל-250 גר' נחושת, כדי להעלות את מידת החום מ-20°C ל- 300°C . החום הסגולי של נחושת הוא 0.092 קלוריות-לגרם-למעלה צלסיוס.

י"א38) מה תהיה מידת-החום של גוש פלדה, שמשקלו 5 ק"ג, ונמצא במידת חום של 20°C, אם נוסיף לו כמות חום של 110 קילוקלוריות. החום הסגולי של פלדה הוא 0.11 קילוקלוריות-לק"ג-למעלה צלסיוס.

י"א39) עבודה של 100 000 ז'ול נעשתה בפרק זמן של 20 שניות, בעוצמת זרם של 50 אמפר. חשב את המתח.

י"א40) איזו כמות חום מפתח גוף החימום של מגהץ, שהספקו 1000 וט, במשך עשר דקות?

י"א41) כירה חשמלית מפיקה 1000 קילוקלוריות במשך שעה. מה הספקה?

י"א42) מנוע חשמלי צורך הספק של 50 קילווט מהרשת. 2% מהספק זה הולכים לאיבוד בצורת חום, כתוצאה מהחיכוך הקיים בין חלקיו הנעים של המנוע. מהי כמות החום, הנוצרת במשך דקה אחת?

י"א43) גוף חימום, המופעל במתח 220 וולט, צורך זרם בעוצמה של 5 אמפר. מהי כמות החום, המופקת בפרק זמן של 10 דקות?

י"א44) גוף החימום, של תנור אפייה, שהתנגדותו 22 אום, צורך זרם, שעוצמתו 10 אמפר. חשב את כמות החום, המופקת תוך פרק זמן של 30 דקות.

י"א45) מהי כמות החום המתפתחת בגוף חימום, שהתנגדותו 3 אום, אם עוצמת הזרם הזורם דרכו היא 75 אמפר, ומשך זמן הפעולה הוא 30 דקות?

י"א46) גוף החימום של תנור חשמלי, הפועל במתח 200 וולט, עשוי 5 נגדים, בעלי התנגדות של 60 אום, המחוברים במקביל. איזו כמות חום תופק בפרק זמן של 10 דקות?

י"א47) צרכן שהתנגדותו 5 אום, ניזון מסוללה בעלת כא"מ של 10 וולט והתנגדות פנימית 2 אום. מהי כמות החום המתפתחת בצרכן, ומהי כמות החום המתפתחת בהתנגדות הפנימית של הסוללה בפרק זמן של מחצית השעה?

י"א48) 2 ליטר מים במידת-חום 10°C מצויים בקומקום חשמלי, המופעל במתח 220 וולט.
חשב את נצילות הקומקום, אם המים רתחו כעבור 20 דקות מרגע ההפעלה.
עוצמת הזרם דרך גוף החימום היא 4.23 אמפר.

י"א49) גוף חימום של דוד חשמלי, שהספקו 3 קילווט, פועל במשך 7 שעות כדי להעלות את מידת החום של 160 ליטר מים, מ-15°C עד 95°C. חשב את נצילות הדוד.

י"א50) מידת החום של 120 ליטר מים, הממלאים דוד חשמלי, עולה ב- 50°C בפרק זמן של 2 שעות. חשב את הספק גוף החימום, אם נצילות הדוד היא 80%.

י"א51) מה צריך להיות הספקו של גוף החימום בדוד חשמלי, המכיל 60 ליטר מים, במידת-חום של 20°C, אם מידת החום של המים חייבת לעלות עד 60°C תוך 3 שעות?
נצילות הדוד היא 80%.

י"א52) יש להתקין דוד לחימום מים בקיבול 50 ליטר. מידת החום של המים חייבת לעלות מ- 18°C עד 85°C תוך 40 דקות. מה הספקו של גוף החימום, אשר תתקין בדוד זה, אם נצילותו 85%?

י"א53) מחממים גוש פלדה, שמשקלו 5 ק"ג, בתוך כור חשמלי שנצילותו 65%. מידת החום עולה מ- 20°C עד 700°C תוך 12 דקות. חשב את ההספק של גוף החימום, אם החום הסגולי של הפלדה הוא 0.12 קילוקלוריות-לק"ג-למעלה צלסיוס.

י"א54) בכמה כסף יעלה להעלות את מידת-החום של 120 ליטר מים מ-20°C ל-100°C, באמצעות דוד חשמלי, אשר נצילותו היא 0.8, אם מחיר קו"ש הוא 7 אג'?

י"א55) סליל שקוע בכלי, המכיל 100 גר' מים. אם מזרימים, דרך הסליל, זרם חשמלי בעוצמה של 1 אמפר, עולה מידת החום בקצב של 5°C לדקה.
חשב את התנגדות הסליל, בהזנחת ההפסדים.

י"א56) במיחם, הפועל במתח 220 וולט, מצויים 4 ליטר מים בעלי מידת-חום של 20°C. גוף החימום עשוי תיל כרום-ניקל בעל שטח חתך 0.25 ממ"ר. חשב את אורך התייל של גוף החימום, אם המים מגיעים למצב רתיחה תוך 30 דקות. נצילות המיחם היא 80%.

י"א57) הספקו של גוף החימום של דוד, בעל נצילות של 0.52, הוא 2 קילווט.
איזו כמות מים מצויה בדוד, אם הם רתחו תוך 12 דקות?
מידת החום ההתחלתית של המים היתה 17°C .

י"א58) תוך כמה זמן ירתחו 2 ליטר מים, בעלי מידת-חום של 12°C , בהיותם מצויים בתוך קומקום חשמלי, שהספקו 1000 וט ונצילותו 65%?

י"א59) ליטר מים במידת-חום 18°C , מצוי בקומקום בעל נצילות 0.65, המופעל במתח 230 וולט. תוך כמה זמן ירתחו המים, אם התנגדות גוף החימום היא 24 אום?

י"א60) בדוד חשמלי בעל קיבול של 60 ליטר מצויים המים במידת-חום 20°C..
גוף החימום של הדוד הוא בעל התנגדות 20 אום וניזון מהרשת במתח 220V .
תוך איזה פרק זמן תגיע מידת החום של המים ל- 80°C , אם נצילות הדוד היא 70%?

י"א61) איזה פרק זמן דרוש כדי להעלות את מידת החום של גוף הנחושת של מלחם מ- 20°C עד 370°C , אם משקלו 100 גר' ונצילות המלחם היא 70%.
המלחם ניזון ממתח 200 וולט והתנגדות גוף החימום שלו 400 אום.
ידוע, שהחום הסגולי של נחושת היא 0.094 קלוריות-לגרם-למעלה צלסיוס.

י"א62) מחממים ליטר מים באמצעות קומקום בעל הספק 250 וט ונצילות 0.7 .מה תהיה מידת החום של המים כעבור 4 דקות פעולה, אם מידת החום ההתחלתית היא 15°C ?

י"א63) גוף חימום בעל התנגדות 8 אום, טבול ב-1.5 ליטר מים. אם עוצמת הזרם, הזורם דרך גוף החימום היא 3 אמפר, חשב את הספק גוף החימום, ואת קצב עליית החום ב- °C לדקה. הזנח את ההפסדים.

י"א64) נורה, שהספקה 100 וט, שקועה בליטר מים. 4% מהאנרגיה מתפזרת בצורת אור.
חשב את שיעור העלייה במידת-החום, של המים, בכל שנייה.

י"א65) דרך נורה, השקועה בתוך ליטר מים, זורם זרם בעוצמה של 0.5 אמפר. מידת החום של המים עולה בקצב של $1°C$ בכל 5 דקות.
חשב את המתח, המפעיל את הנורה, בהזנחת ההפסדים.

י"א66) סליל בעל התנגדות 10 אום שקוע בתוך 2 ליטר מים בעלי מידת-חום $20°C$.
הסליל מחובר למקור מתח בעל כא"מ של 100 וולט והתנגדות פנימית 2.5 אום.
כעבור איזה פרק זמן תעלה מידת-החום של המים עד $80°C$, אם הפסדי החום הם בשיעור 15%?

י"א67) שלושה צרכנים בעלי הספקים 500 וט, 200 וט, 100 וט מחוברים במקביל למקור מתח של 100 וולט. המעגל מוגן באמצעות נתיך, הניתך בזרם בעל עוצמה של 10 אמפר. האם הנתיך יותך?

י"א68) מעוניינים לחבר צרכן לרשת 220 וולט, המוגנת באמצעות נתיך, המגן עליה בפני זרמים בעלי עוצמה גבוהה מ-10 אמפר. הואיל ולוחית הזיהוי של הצרכן אבדה, אין יודעים את הספקו, ומסיבה זו אין יודעים, אם ניתן לחברו למתקן. בבדיקה במתח של 24 וולט מצאו, שהספק המכשיר במתח זה הוא 20 וט.
האם אפשר לחבר את הצרכן למעגל מבלי שהנתיך יותך?

פרק יב - מגנטיות

משיכה מגנטית

לפני אלפי שנים גילו הקדמונים, כי לגושי תחמוצת ברזל, שסימונה החימי הוא Fe_3O_4, תכונה למשוך חפצי ברזל. חומר זה נתגלה לראשונה בסביבות העיר מגנסיה, שבאסיה הקטנה, ומסיבה זו הוא קרוי מ ג נ ט י ת.

את התכונה המתבטאת במשיכת חפצי ברזל נכנה מ ג נ ט י ו ת, וכל גוף בעל תכונה כזו נכנה מ ג נ ט.

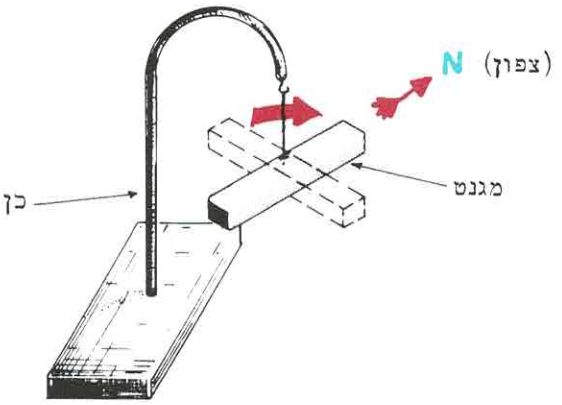
ח ו מ ר י ם פ ר ר ו מ ג נ ט י י ם

אם נקרב מגנט למתכות שונות, יסתבר, כי הוא מושך אליו ברזל ובמידה מעטה גם ניקל וקובלט, אך אינו משפיע כלל על מתכות אחרות וחומרים אחרים. החומרים הנמשכים אל מגנט, היינו: ברזל, ניקל וקובלט קרויים ח ו מ ר י ם פ ר ר ו מ ג נ ט י י ם.

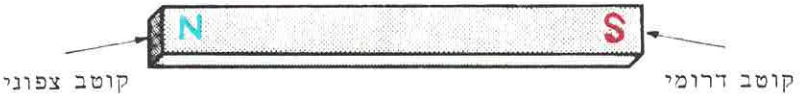
קטבים מגנטיים

לוקחים מגנט בצורת מוט ותולים אותו על כן באמצעות חוט (ציור י"ב1) והנה מסתבר, שאחד הקצוות של המוט פונה, בכל מקרה, בכיוון הקוטב הצפוני של כדור הארץ.

גם אם נסובב את המגנט לכיוון אחר, הוא יחזור ויפנה בכיוון הקוטב הצפוני של כדור הארץ. נכנה את הקצה הפונה בכיוון צפון - ק ו ט ב צ פ ו נ י ונסמנו באות N. את קצהו השני של המוט נכנה ק ו ט ב ד ר ו מ י ונסמנו באות S (ציור י"ב2).

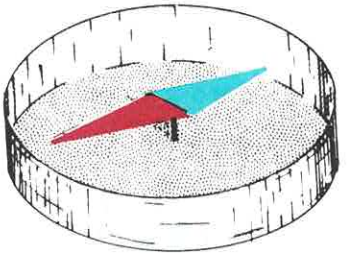


ציור י"ב1



ציור י"ב2

תכונה זו של מגנטים מנוצלת לגילוי כיוון הקוטב הצפוני של כדור-הארץ באמצעות מכשיר קטן הקרוי מ צ פ ן. המצפן בנוי מ ח ט מ ג נ ט י ת, המחוברת לציר ועשויה להסתובב סביבו (ציור י"ב3). ככל שנסובב את המצפן ונשנה את מצב המחט-המגנטית, קצה המחט, המהווה את הקוטב הצפוני, יפנה לכיוון הקוטב הצפוני של כדור הארץ.



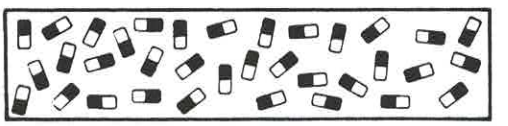
ציור י"ב3

מצפנים מצויים בשימרש מאז תקופות קדומות ומשמשים לגילוי הצפון וניווט אניות ומטוסים.

מגנטים טבעיים ומלאכותיים

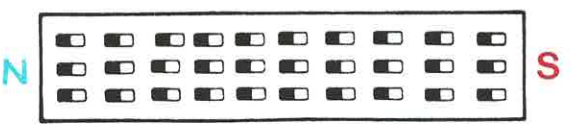
מגנטים עשויים מגנטית קרויים מגנטים טבעיים, הואיל וניתן להפיקם ישירות ממחצבים אשר בטבע ולעבדם כפי רצוננו. לעומתם, מגנטים, אשר תכונותיהם הוקנו להם על-ידי אדם, באמצעות תהליך הקרוי מיגנוט, קרויים מגנטים מלאכותיים.

שלושת היסודות הניתנים למיגנוט הם היסודות הפררומגנטיים: ברזל, ניקל וקובלט. לפי אחת התורות, הקרויה "התורה המולקולרית של המגנטיות", מורכבים החומרים הפררומגנטיים מגנטים זעירים, המצויים בתוך המתכת ללא כל סדר מוגדר, ומסיבה זו מתבטלת פעולתם, ולמתכת אין תכונות חיצוניות של מגנט (ציור י"ב4).



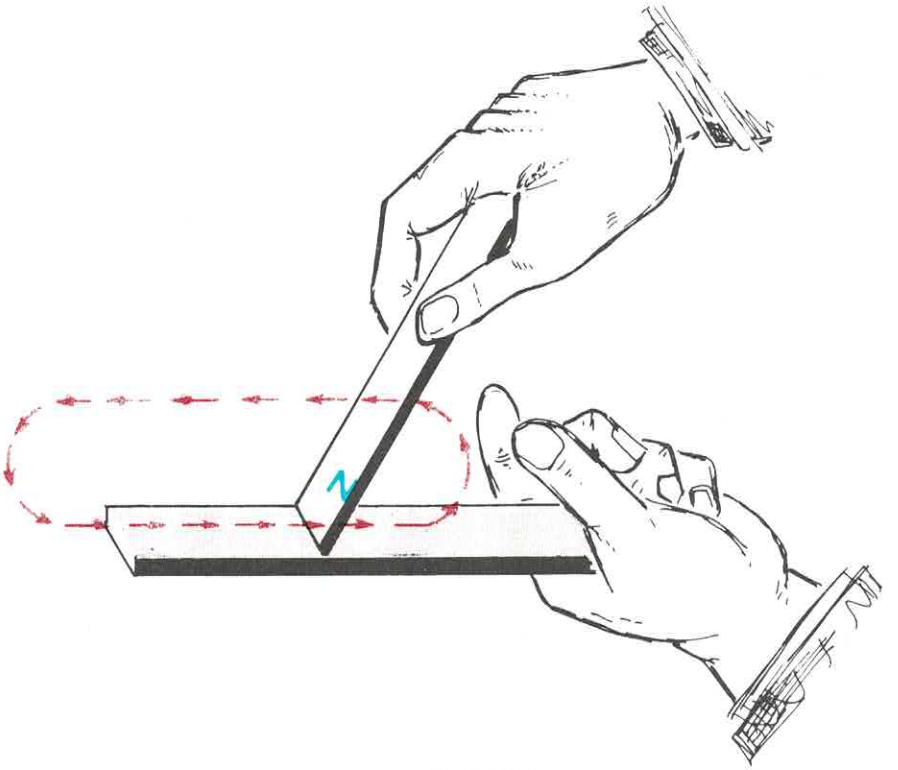
ציור י"ב4

אם נצליח, בדרך כלשהי, לגרום לכך שכל המגנטים הזעירים, המרכיבים את החומרים הפררומגנטיים, יסתדרו כך שכל הקטבים הצפוניים יפנו בכיוון אחד והדרומיים בכיוון השני, נקנה לחומר תכונות של מגנט (ציור י"ב5).



ציור י"ב5

כדי למגנט חומר פררומגנטי, עלינו להעביר על פניו מגנט אחר, פעמים רבות באותו הקוטב, ובאותו הכיוון (ציור י"ב6).



ציור י"ב6

המגנט גורם לכך שהמגנטים הזעירים, המרכיבים את החומר הפררומגנטי, יסתדרו באותו הכיוון ויקנו לחומר תכונות של מגנט. בפרק הבא נכיר שיטה לייצור מגנטים באמצעים חשמליים.

לברזל תכונות מגנטיות חזקות ולעומתו הניקל והקובלט הם בעלי תכונות מגנטיות חלשות. מסגסוגות ברזל עם אחת המתכות הפררומגנטיות האחרות או עם שתיהן, או אפילו עם מתכות אחרות, שאינן פררומגנטיות, ניתן לייצר מגנטים חזקים למדי באמצעות תהליך המיגנוט.

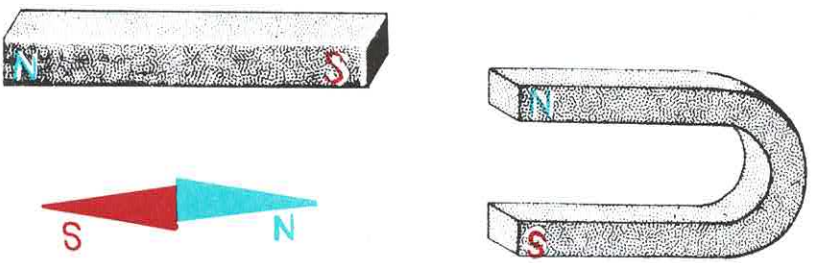
לדוגמא, סגסוגת ברזל וניקל, הקרויה "פרמאלוי", מהווה חומר מתאים לייצור מגנטים. סגסוגת ברזל, קובלט, ניקל ואלומיניום, הקרויה "אלניקו", מהווה חומר מתאים לייצור

מגנטים חזקים במיחד. באמצעות מגנט "אלניקו" ניתן להרים חפץ, עשוי ברזל, שמשקלו גדול פי 40 עד 50 ממשקל המגנט.

ברזל ופלדה רכה מתמגנטים בנקל, אך גם מאבדים בנקל את המגנטיות שלהם, ומסיבה זו מגנטים עשויים מחומרים אלה קרויים מ ג נ ט י ם א ר ע י י ם. לעומתם, פלדות קשות, כגון "אלניקו" שומרות על התכונות המגנטיות שלהן לאורך זמן, ומגנטים המיוצרים מהן קרויים מ ג נ ט י ם ק ב ו ע י ם.

ה פ ע ו ל ה ה ד ד י ת ב י ן ק ט ב י ם מ ג נ ט י י ם

מגנטים מיוצרים בצורות שונות. הצורות המקובלות ביותר הן המוט, הפרסה והמחט (ציור י"ב7).

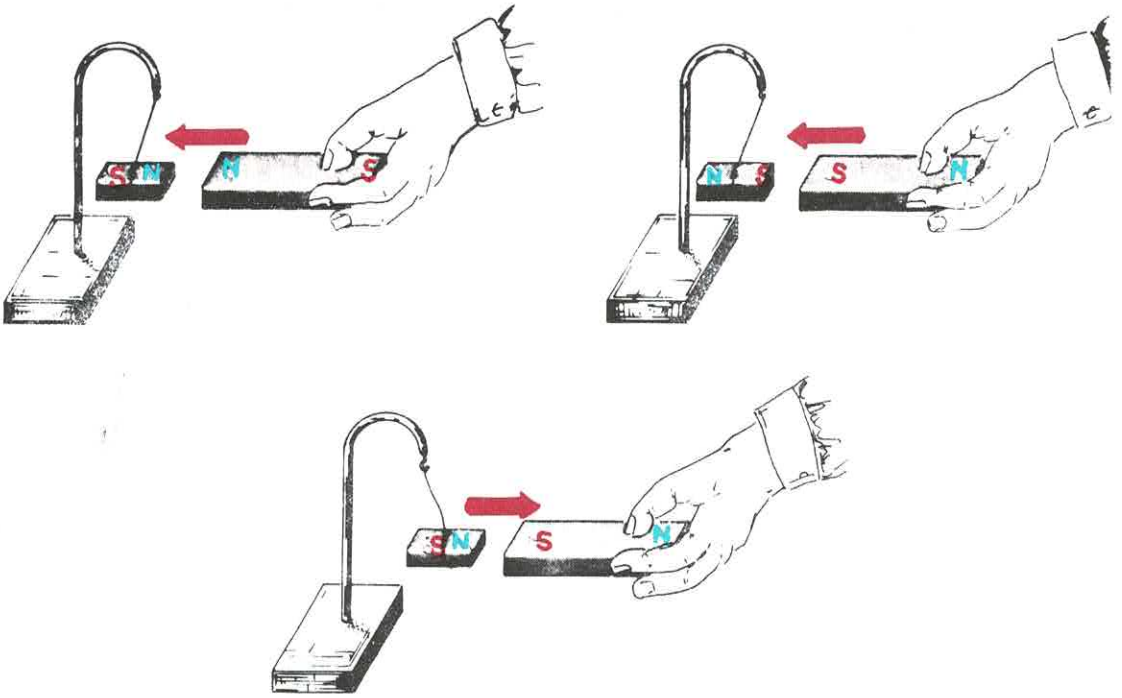


ציור י"ב7

נקרב שני מגנטים כך ששני הקטבים הצפוניים יפנו זה לזה, וניווכח, כי המגנטים דוחים זה את זה. נחזור על אותה הפעולה, כאשר שני הקטבים הדרומיים פונים זה לזה, וניווכח שוב, כי שני המגנטים ידחו זה את זה.

אם חוזרים על אותה פעולה, כאשר הקוטב הצפוני של אחד המגנטים פונה אל הקוטב הדרומי של המגנט השני, נוכחים לדעת, כי שני המגנטים נמשכים זה לזה (ציור י"ב8).

מסקנה: שני קטבים זהים, של מגנטים, דוחים זה את זה ושני קטבים שונים מושכים זה את זה.

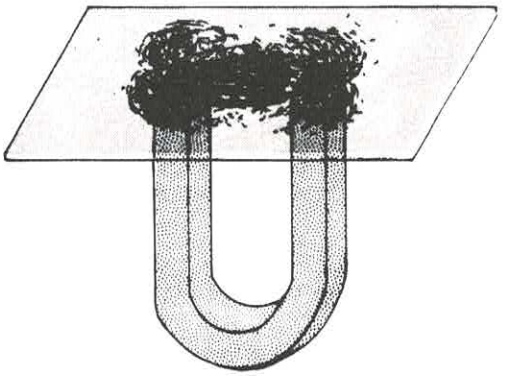


ציור י"ב8

השדה המגנטי

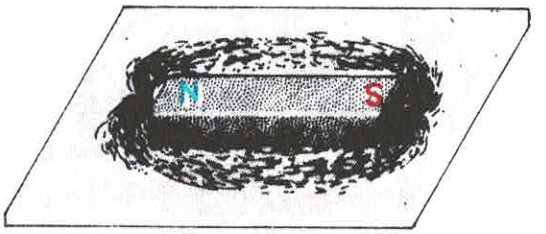
האזור המצוי סביב המגנט, ובו מורגשת ההשפעה המגנטית, קרוי. ש ד ה מ ג נ ט י.

נפזר מעט נסורת ברזל על גבי לוח זכוכית ונקרב מתחתיו את שני הקטבים של מגנט פרסה, ניווכח, כי שבבי הנסורת משנים מקומם, כתוצאה מהשפעת השדה המגנטי, ומסתדרים לפי קווים, אותם ננהג לכנות ק ו ו י כ ו ח מ ג נ ט י י ם (ציור י"ב9).



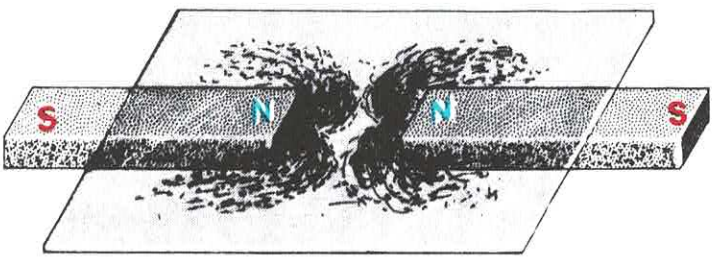
ציור י"ב9

נניח עתה, מתחת ללוח הזכוכית, מגנט בצורת מוט. הנסורת שוב תסתדר בקווים, המתארים את השדה המגנטי, הנרצר על-ידי מוט-מגנטי (ציור י"ב10).



ציור י"ב10

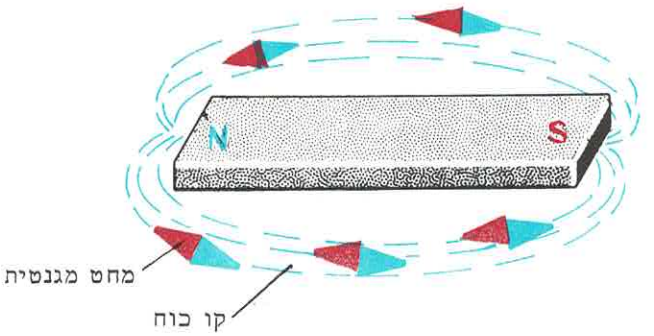
נחזור שוב על אותו הניסוי, אך בפעם זאת נקרב לזכוכית שני קטבים זהים, ונמצא את צורת השדה, הנרצר על-ידי שני קטבים זהים. ניתן לראות בניסוי זה כיצד דוחים שני השדות זה את זה (ציור י"ב11).



ציור י"ב11

ברור, אם כן, כי פעולת המשיכה והדחייה בין קטבים מגנטיים נובעת מהשפעה ההדדית הקיימת בין קווי הכוח המגנטיים הבלתי נראים לעין.

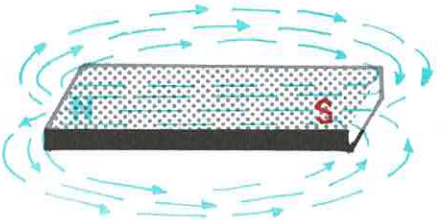
כדי לקבוע את הנתיבים של קווי הכוח המגנטיים ניתן להשתמש במחט מגנטית זעירה, אשר בהימצאה בשדה מגנטי תפנה בכיוון קווי הכוח ותציין את נתיבם (ציור י"ב12).



ציור י"ב12

קווי הכוח המגנטיים יוצרים לולאות סגורות.

היסכם לקבוע, כי מגמת קווי הכח המגנטיים היא מהקוטב הצפוני אל הקוטב הדרומי, מחוץ למגנט, ומהקוטב הדרומי אל הצפוני בתוך המגנט (ציור י"ב13)



ציור י"ב13

קווי הכוח דוחים זה את זה ואינם נחתכים לעולם, והשדה המצוי באזורים, בהם קווי הכוח הם מקבילים זה לזה, קרוי: ש ד ה א ח י ד.

כפי שכבר ראינו, הקוטב הצפוני של מחט מגנטית פונה תמיד בכיוון הקוטב הצפוני של כדור הארץ, כאשר אין הוא נתון בשדה מגנטי של מגנט אחר. המסקנה הנובעת מכך היא, כי לכדור הארץ שדה מגנטי.

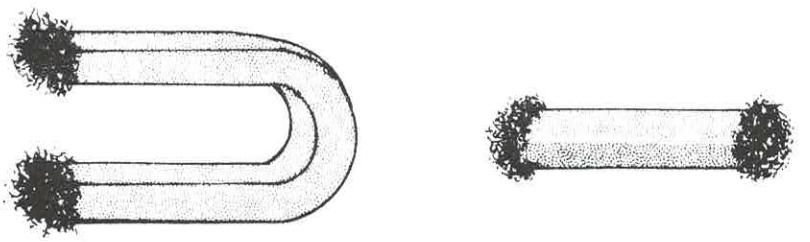
הואיל והמרחק בין שני הקטבים המגנטיים של כדור הארץ הוא גדול מאד, ניתן להניח, כי קווי הכוח, של שדה מגנטי זה, הם מקבילים ויוצרים שדה מגנטי אחיד.

הסיבה, היוצרת את השדה המגנטי של כדור הארץ, אינה ידועה בבירור, אך משערים, כי שדה מגנטי זה נובע מהתכונות המגנטיות של מרבצים גדולים של חומרים מגנטיים, המצויים בתוך כדור הארץ.

תכונות נוספות של מגנטים

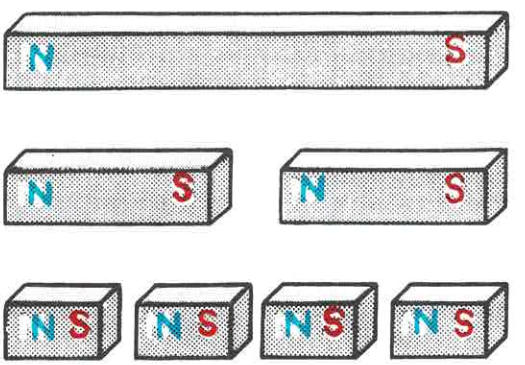
א) נטבול מוט מגנטי ומגנט-פרסה בתוך קופסא, המכילה נסורת ברזל. בהוציאנו אין המגנטים, ניווכח, כי הנסורת נמשכה בעיקר באזור הקטבים (ציור י"ב14).

המסקנה הנובעת מכך היא, כי כוח המשיכה החזק ביותר הוא באזור הקטבים.



ציור י"ב14

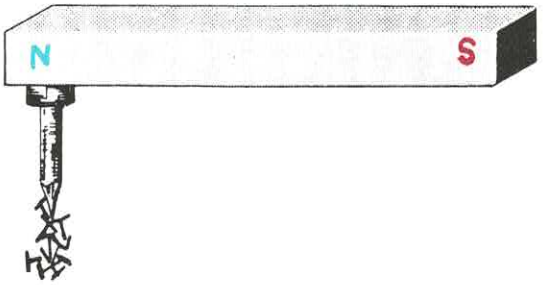
ב) אם נחלק מגנט לשתיים, נקבל שני מגנטים חדשים, וככל שנמשיך ונחלקו, נקבל מגנטים נוספים (ציור י"ב15). קל מאד להבין תופעה זו על-סמך התורה המולקולרית, המתבססת על ההשערה, כי כל מגנט מורכב ממגנטים זעירים, המסודרים זה בצד זה בסדר קבוע.



ציור י"ב15

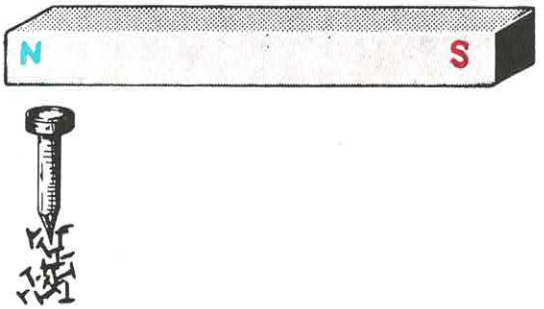
ג) על ידי הקשות או חימום, ניתן להחליש או אפילו לבטל את תכונותיו המגנטיות של מגנט. משערים, כי על-ידי פעולות אלה מופר הסדר של המגנטים הזעירים, המרכיבים את החומרים הפרומגנטיים, וכתוצאה מכך מאבד המגנט את תכונותיו.

ד) אם מצמידים חפץ עשוי ברזל למגנט, רוכש הברזל תכונות מגנטיות ומושך חפצי ברזל (ציור י"ב16).



ציור י"ב16

ה) אם נניח חפץ ברזל בתוך שדה מגנטי, יהפוך החפץ למגנט. השפעה זו קרויה השראה מגנטית (ציור י"ב17).



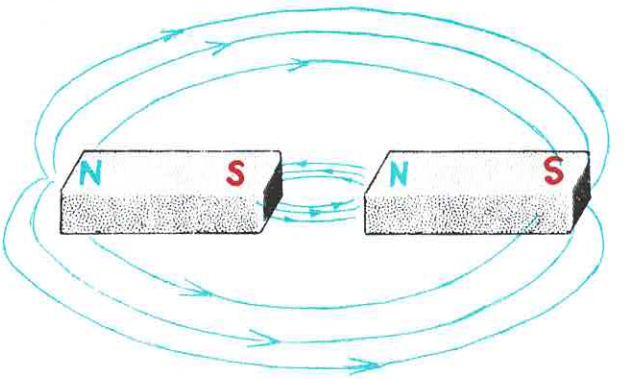
ציור י"ב17

ו) ככל שמרחיקים שני קטבים מגנטיים זה מזה, כן קטנה ההשפעה ההדדית ביניהם.

באופן נסיוני קבעו, כי הכח, הפועל בין שני קטבים מגנטיים, נמצא ביחס הפוך לריבוע המרחק. אם נגדיל את המרחק בין שני הקטבים פי שניים, יקטן הכח הפועל פי ארבעה.

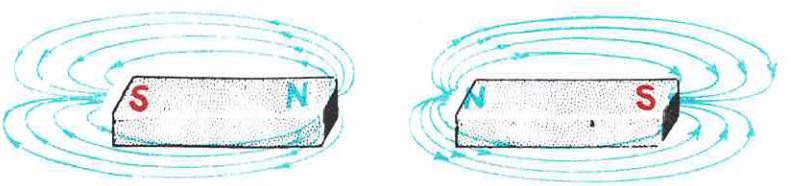
ז) אם מקרבים שני מגנטים, זה לזה, מקבלים השפעה הדדית בין השדות המגנטיים.
נביא מספר דוגמאות:

בציור י"ב18 מתוארים שני מוטות מגנטיים. הקוטב הצפוני של הראשון פונה לקוטב הדרומי של השני. מקבלים שדה מגנטי שקול, הדומה לשדה המגנטי של מוט מגנטי יחיד, ארוך יותר. שני המגנטים נמשכים זה לזה.



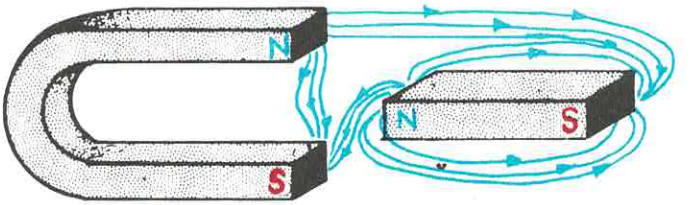
ציור י"ב18

בציור י"ב19 מתוארים שני מוטות מגנטיים, אשר מונחים באופן שקטבים זהים פונים זה לזה. במקרה זה אין מקבלים שדה שקול, אלא עיוות של השדות. שני המגנטים דוחים זה את זה.



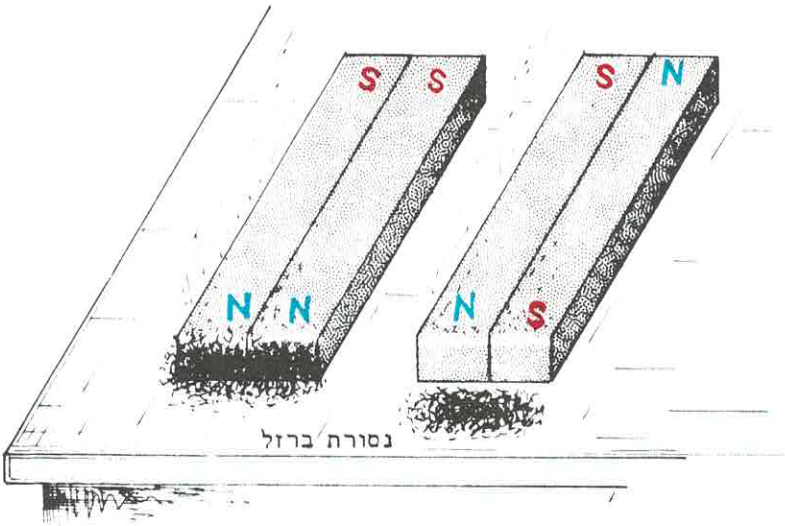
ציור י"ב19

בציור י"ב20 רואים את ההשפעה ההדדית ואת השדה השקול של מגנט פרסה ומוט מגנטי. גם במקרה זה אין קווי הכוח המגנטיים נחתכים.



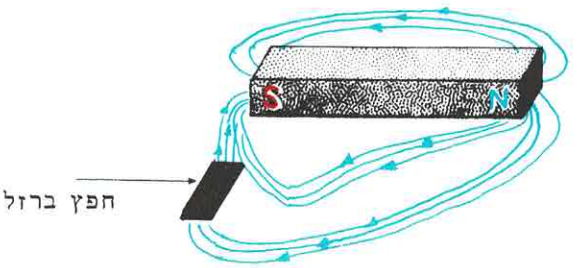
ציור י"ב20

ח) אם נחבר זה לזה שני מוטות מגנטיים באופן ששני הקטבים הצפוניים יהיו בצד אחד ושני הקטבים הדרומיים בצד אחד, נקבל מוט מגנטי בעל כוח משיכה גדול מזה של מוט אחד, אך אם נחברם באופן שהקוטב הדרומי של הראשון יפנה לאותו צד אליו פונה הקוטב הצפוני של המגנט השני יתבטלו השפעות הקטבים, וכלפי חוץ לא תובחן שום השפעה מגנטית (ציור י"ב21).



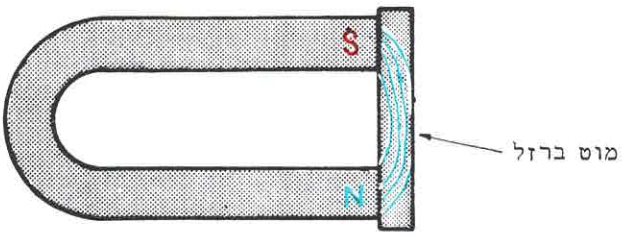
ציור י"ב21

ט) אם נניח חפץ ברזל, בקרבת מגנט, נקבל עוות של השדה המגנטי וקווי הכוח יעברו דרך הברזל (ציור י"ב22).



ציור י"ב22

באופן דומה אם נניח מוט ברזל על גבי הקטבים של מגנט פרסה, יסגרו קווי הכוח דרך הברזל ולא תורגש השפעה חיצונית (ציור י"ב23).



ציור י"ב23

י) כפי שראינו, כדי למגנט חומר פרומגנטי ולהפכו על-ידי כך למגנט, עלינו להעביר מגנט על פניו, פעמים רבות באותו הקוטב ובאותו הכיוון. על-ידי כך מסתדרים המגנטים הזעירים, המרכיבים את החומר הפרומגנטי, באותו הכיוון ומקנים לחומר תכונות של מגנט.

המגנטים הזעירים אינם מסתדרים באותו הכיוון בבת אחת אלא בהדרגה; ככל שנמשיך ונבצע את פעולת המיגנוט, פעמים רבות יותר, יסתדרו יותר ויותר מגנטים זעירים באותו הכיוון, וכתוצאה מכך, ההשפעה המגנטית של המגנט החדש תהיה חזקה יותר. כאשר כל המגנטים הזעירים מסודרים באותו הכיוון פעולת מיגנוט נוספת לא תשנה דבר. נוהגים לכנות מצב זה בשם "ר ו ו י ה מ ג נ ט י ת".

שאלות סיכום לפרק יב

בחן את ידיעותיך

לפניך אוסף שאלות ברירה, ולכל שאלה מספר תשובות, אשר רק אחת מהן נכונה. עליך לבחור את התשובה הנכונה, לכל שאלה, ולסמן אותן על דף נפרד. לאחר מכן השווה עם התשובות המצויות בסוף הספר, כדי לקבוע באיזו מדה מובן לך החומר אשר למדת.

י"ב1) מגנטיות היא תכונה, המתבטאת במשיכת:

א) עופרת.
ב) נחושת.
ג) אלומיניום.
ד) ברזל.

י"ב2) החומרים הפררומגנטיים הם:

א) ברזל, ניקל ונחושת.
ב) ברזל, נחושת ואלומיניום.
ג) ברזל, ניקל וקובלט.
ד) ברזל, קובלט ואלומיניום.

י"ב3) לכל מגנט:

א) שני קטבים.
ב) ארבעה קטבים.
ג) קוטב אחד.
ד) תלוי בסוג המגנט.

י"ב4) הקוטב הצפוני של מחט מגנטית פונה תמיד אל:

א) הקוטב הצפוני של כדור הארץ.
ב) הקוטב הדרומי של כדור הארץ.
ג) מרכז המשיכה של כדור הארץ.
ד) קו-המשווה של כדור הארץ.

י"ב5) מגנטים מלאכותיים:

א) מופקים מעפרות ברזל.
ב) מיוצרים בתהליך הקרוי מיגנוט.
ג) מיוצרים ממגנטים טבעיים.
ד) מיוצרים ממגנטית.

י"ב6) החומר הפררומגנטי בעל התכונות המגנטיות החזקות ביותר הוא:

א) המגנטיט. ג) הניקל.
ב) הברזל. ד) הקובלט.

י"ב7) מגנט השומר על תכונותיו המגנטיות לאורך זמן קרוי:

א) מגנט חזק. ג) מגנט קבוע.
ב) מגנט פררומגנטי. ד) מגנט ארעי.

י"ב8) מגנט שאינו שומר על תכונותיו המגנטיות לאורך זמן קרוי:

א) מגנט חלש. ג) מגנט קבוע.
ב) מגנט פררומגנטי. ד) מגנט ארעי.

י"ב9) לייצור מגנט קבוע נעדיף להשתמש ב-:

א) ניקל. ג) פלדה רכה.
ב) קובלט. ד) פלדה קשה.

י"ב10) לייצור מגנט ארעי נעדיף להשתמש ב-:

א) פלדה קשה. ג) ניקל.
ב) פלדה רכה. ד) מגנטית.

י"ב11) שני קטבים מגנטיים זהים:

א) מושכים זה את זה.
ב) דוחים זה את זה.
ג) אינם משפיעים זה על זה.
ד) תלוי, אם הם שייכים לאותו מגנט או למגנטים שונים.

י"ב12) שני קטבים מגנטיים שונים:

א) מושכים זה את זה.
ב) דוחים זה את זה.
ג) אינם משפיעים זה על זה.
ד) תלוי, אם הם שייכים לאותו מגנט או למגנטים שונים.

י"ב13) שדה מגנטי הוא:

א) אזור הקוטב הצפוני של כדור הארץ.

ב) שדה, בו מצויים מחצבי מגנטית.

ג) אזור, בו מצויה השפעה מגנטית.

ד) האזור המשתרע בין שני קווי כוח מגנטיים.

י"ב14) מגמת קווי הכח המגנטיים מחוץ למגנט:

א) תלוייה בצורת המגנט.

ב) תלוייה בסוג המגנט.

ג) היא מהקוטב הדרומי אל הצפוני.

ד) היא מהקוטב הצפוני אל הדרומי.

י"ב15) קווי הכוח המגנטיים:

א) דוחים זה את זה ואינם נחתכים.

ב) מתפשטים בקווים מקבילים לציר המגנט.

ג) מתפשטים בקווים ישרים.

ד) מושכים זה את זה ונחתכים.

י"ב16) מחט מגנטית הנתונה בשדה מגנטי

א) פונה בזווית בת 90° כלפי קווי הכוח.

ב) פונה בזווית בת 45° כלפי קווי הכוח.

ג) פונה בכיוון קווי הכוח.

ד) נערכת במקביל לציר המגנט.

י"ב17) שדה מגנטי אחיד הוא:

א) השדה, הנוצר על-ידי מגנט בעל צורת מוט.

ב) השדה, הנוצר על-ידי מגנט בעל צורת פרסה.

ג) השדה, הנוצר על-ידי מגנט בעל שני קטבים.

ד) שדה, בו קווי הכוח מקבילים זה לזה.

י"ב18) כוח המשיכה החזק ביותר של מגנט הוא:

א) באזור שני הקטבים.
ב) באזור הקוטב הצפוני.
ג) באזור הקוטב הדרומי.
ד) במרכז המגנטי.

י"ב19) אם נחלק מגנט לשני חלקים נקבל:

א) שני מגנטים חד קוטביים.
ב) שני מגנטים דו קוטביים.
ג) מגנט אחד דו-קוטבי ומוט אחד משולל תכונות של מגנט.
ד) שני מוטות משוללים תכונות של מגנט.

י"ב20) על-ידי הקשות על גבי מגנט או חימומו, ניתן:

א) להחליש את תכונותיו המגנטיות.
ב) לחזק את תכונותיו המגנטיות.
ג) להפוך את קוטביות המגנט.
ד) להופכו ממגנט ארעי למגנט קבוע.

י"ב21) ההשפעה ההדדית בין שני קטבים מגנטיים נמצאת:

א) ביחס ישר למרחק ביניהם.
ב) ביחס הפוך למרחק ביניהם.
ג) ביחס ישר לריבוע המרחק ביניהם.
ד) ביחס הפוך לריבוע המרחק ביניהם.